Psychologie

Experimentelle Untersuchungen zur rhythmischen Fingerbewegung

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Philosophischen Fakultät
der
Westfälischen Wilhelms-Universität
zu
Münster (Westf.)

vorgelegt von
August Schick aus Baustetten

1969

D 6

P s y c h o l o g i e

Experimentelle Untersuchungen zur rhythmischen Fingerbewegung

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der
P h i l o s o p h i s c h e n F a k u l t ä t
der
Westfälischen Wilhelms-Universität
zu
Münster (Westf.)

vorgelegt von
August Schick aus Baustetten
1968

Tag der mündlichen Prüfung: 27.Februar 1969
Dekan: Prof.Dr.phil.Heinr.Dörrie
Referent: Prof.Dr.phil.Wilhelm Witte
Korreferent: Prof.Dr.phil.habil.Ernst Bornemann

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Einführung in das Problemgebiet 1

1. Einstimmung in das Thema 1
2. Ansätze zu einer Theorie der Koordination 2
   a. Koordination durch die Muskulatur selbst 2
   b. Reflexkettentheorie 3
   c. Plastizitätslehre von BETHE 5
   d. Die relative Koordination von Erich von HOLST 5
3. Weiterführung der von HOLST'schen Untersuchungen 13
4. Zielfragen der vorliegenden Untersuchung 17

Zusammenfassung des I. Kapitels 19

II. Experimentelle Studien, erster Teil 20

1. Kurze Beschreibung des Versuchsgerätes 20
2. Wahl der Versuchsmethoden 22
3. Versuchsplan 24
4. Weitere Versuchsbedingungen 25
5. Registrierung der Ergebnisse 27
6. Umrechnung der Originalmeßwerte 29
7. Darstellung und Erörterung der Ergebnisse der Mittelwertbildung 29
   a. Die absolute Spielgeschwindigkeit für alle Spontanversuche 30
   b. Die absolute Spielgeschwindigkeit der Lampenversuche 34
   c. Die Triolenstruktur beim Spontanspiel 37
   d. Die Triolenstruktur bei den Lampenversuchen 41
   e. Vergleich der Triolenstruktur bei den Spontanversuchen und Testphasen 43
   f. Weitere Erörterung der Ergebnisse 47

Seite

g. Die zeitlichen Verhältnisse bei den Duolen 49

h. Die Stabilität der Taktstrukturen 51

8. Die dynamische Zuordnung von Taktteilen: Ergebnisse der korrelationsstatistischen Berechnungen 61

a. Problem 61

b. Weiterverarbeitung der transformierten Taktlängen 61

c. Die Koordination bei den Spontanversuchen, Lern - und Testphasen 65

d. Die Koordination bei den einzelnen Triolenstrukturen des Spontanversuchs 69

e. Die Koordination bei einzelnen Triolenstrukturen der Versuche während der Testphase 72

f. Vergleich der Taktstrukturen der Testphase mit denen des Spontanversuchs im Hinblick auf die Koordinationsrichtung 74

g. Beziehung zwischen Koordinationsgrad und Anzahl der Takte 78

h. Gemeinsamkeiten aller Spielarten 80

Zusammenfassung des ersten Versuchsteils 83

III. Experimentelle Studien, zweiter Teil 85

1. Versuchsschilderung 86

2. Versuchsplan 86

3. Ergebnisse der Versuchsreihen I und II 87

a. Synchrone Beziehungsgefüge 91
b. Alternierende Beziehungsgefüge 91
c. Gemeinsamkeit synchroner und alternierender Beziehungsgefüge 93

4. Ergebnisse der Versuchsreihen III und IV 101

5. Der Übergang von der Einzel - zur Koordinationsbewegung 108

6. Verlauf gegenseitiger Beeinflussung bei einer alternierenden Bewegung 111

7. Äußere Beziehungsänderungen innerhalb des zeitlichen Bewegungsablaufes 114

8. Die innere Stabilität von Bewegungsstrukturen 116

Zusammenfassung der zweiten Versuchsreihe 121

Seite

Die Beziehungen unserer Ergebnisse zur Theorie der relativen Koordination E.v.HOLSTs 123

IV. Anhang 130

Literaturverzeichnis 133

Bemerkung hinsichtlich der im Text verwendeten Abkürzungen:

Für die Bezeichnung "Versuchsperson (en)" verwenden wir die übliche Abkürzung Vp(n).
Tr bedeutet: Triolenteil
D bedeutet: Duolenteil
Soweit andere Abkürzungen Anwendung finden, werden sie im Text erklärt.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555410_0045

"Kein Zweifel besteht bei beiden, daß die Natur existiert, daß sie selbst geordnet ist - daher nennt man sie seit Anaximander "Kosmos" (geordnet). Die Gesetzesordnung (Nomik) macht den Kosmos erkennbar. Die Meinung, der menschliche Geist trage die Ordnung erst hinein, kommt später erst in Diskussion. - Ordnung ist sozusagen die Fundamentalkategorie der exakten Naturwissenschaft."
(DESSAUER, 1960, S. 99)

I. Einführung in das Problemgebiet

1. Einstimmung in das Thema

Auch menschliches Erleben und Verhalten ist natürlich und in bestimmter Weise geordnet.

Jede Ordnung folgt einem Organisationsplan, in dem alle wichtigen Bedingungen für die Aufrechterhaltung der Ordnung in Raum und Zeit Berücksichtigung finden.

Die zeitliche Ordnung, das bedeutet die planvolle Abfolge von Ereignissen, spielt gerade auch in jedem Verhalten und Bewegungsgeschehen eine überragende Rolle. Es kommt hier alles darauf an, einzelne Teile planmäßig zu einem zweckmäßigen Tun zusammenzusetzen, zu koordinieren.

In unserem Alltagsverhalten werden wir uns zwar nur selten bewußt, wie koordiniert - das heißt wiederum: zeitlich und räumlich aufeinander abgestimmt - unsere Bewegungen sind. Allerdings kann sich wohl auch jeder an die Tanzstunde entsinnen, in der eine Koordination der Beine schon gar nicht gelingen wollte, weil eine ältere eingefahrene Ordnung dies zu verhindern suchte. Ein anderes Beispiel kann man gelegentlich beim Spiel der Kinder beobachten: man versucht, beide Hände zu

strecken und mit der linken Hand eine einfache Auf- und Abbewegung auszuführen, während die rechte einen Kreis beschreibt.

Wenn jemand aber von der "Koordination" oder dem Zusammenspiel von Gliedbewegungen spricht, dann wird er weiterfragen nach den Bedingungen und weiteren Beschaffenheiten dieser Koordinationsprozesse: Welches System koordiniert denn eine Gehbewegung, und nach welchen Gesetzmäßigkeiten wird sie gesteuert? Wo sind die Bedingungen der Koordination aufzufinden?

Die Antwortversuche der empirischen Wissenschaften auf diese Frage sind noch relativ jung. Biologie und Psychologie erkannten im letzten Jahrhundert die Bedeutung des Zentralnervensystems zum Teil sowohl als Koordinationsinstanz als auch als ausführendes Organ.

Allerdings entwickelten sich innerhalb der biologischen Forschungsbereiche verschiedene Ansichten über das Wesen und die Funktionsweisen der Bewegungs-Koordination.

2. Ansätze zu einer Theorie der Koordination

a) Die Koordination durch die Muskulatur selbst

In einer älteren Theorie über Bewegungskoordination wurde die Meinung vertreten, daß sich diese Prozesse im peripheren, ausführenden Bewegungsapparat, vornehmlich in der Muskulatur abspielen. "Die Koordination der Bewegungen erschien bei dieser Auffassung als eine Koordination der Muskulatur, deren

Tätigkeit in eine eigentlich bewegende, eine richtungsgebende und mäßigende und eine haltende eingeteilt wurde. Die Rolle des zentralen Nervensystems sah man nur darin, daß es Bewegungsreize in die Muskeln schickt und die eingegrabenen Erinnerungsbilder aufspeichert." (MEINEL, 1962, S. 85)

b) Reflexkettentheorie

Eine andere Theorie, die sich breiteste Anerkennung verschafft hat, ist die Reflexkettentheorie der Bewegungskoordination:

Ein Muskel löst bei seiner Bewegung einen Reiz aus, der selbst wiederum die Propriozeptoren eines zweiten Muskelsegments zur Kontraktion stimuliert und umgekehrt (vgl. dazu Abbildung 1a und 1b).

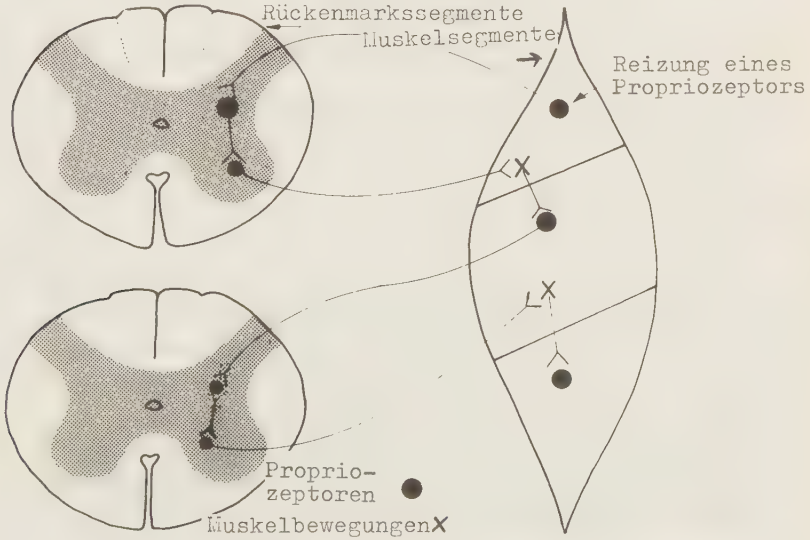


Abbildung 1a: Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Reflexkette (wellenförmige Bewegung)

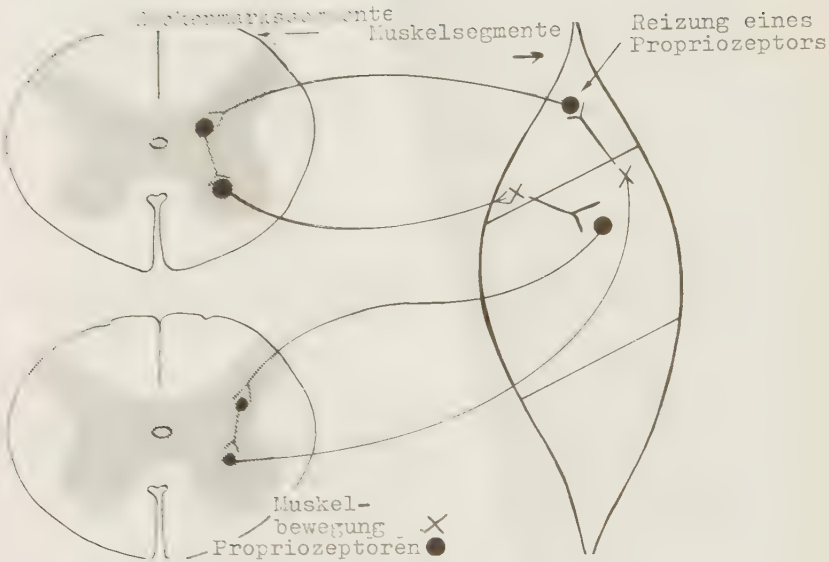


Abbildung 1b: Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Reflexkette (Hin - und Herbewegung)

Ganz wesentlich für den Reflexgedanken, auch für die Reflexkette, ist die Verbindung von einem Reiz mit einer darauffolgenden Reaktion. Reize gehen gewöhnlich von der Umwelt aus; Reflexe, Kettenreflexe und damit auch geordnete Bewegungen müßten deshalb bei Abtrennung der afferenten Zufuhren nicht mehr funktionstüchtig sein.

c) Plastizitätslehre von BETHE

Gegen diese mehr mechanisch verstandene Auffassung der zentralnervösen Koordinationstätigkeit wurden besonders von Albrecht BETHE Bedenken erhoben; er hatte gefunden, daß sich nach Amputation von einzelnen Tierbeinen plötzlich ein neuer Bewegungsrhythmus, eine neue zweckmäßige Koordinationsweise der Beine, einstellt. Folglich konnte die Koordination der Bewegungen nicht mechanisch für alle Zeiten festgelegt sein. So entwickelte BETHE seine Plastizitätslehre, nach der das Zentralnervensystem (ZNS) als eine Art Nervennetz betrachtet wurde, in dem alles mit allem verbunden ist. Diese Plastizität sollte sich durch eine ungeheure beliebige Umstellbarkeit und Anpassungsfähigkeit des ZNS auf gegebene neue Situation auszeichnen.

d) Die relative Koordination von E. v. HOLST

Die Erkenntnis der BETHE-Schule über die Funktion des ZNS stellten eine besonders bemerkenswerte Leistung dar - insofern sie versuchte, die Funktionen nicht nur am isolierten Tiermuskel und -nerven, sondern am lebenden, möglichst intakten Tier zu untersuchen. Bei diesem mehr ganzheitlichen Experiment wird die Analyse der beobachtbaren Phänomene und eine anschließende Synthese des Gesamtverhaltens angestrebt.

Ausgerüstet mit diesem neuen methodischen Rüstzeug, machte sich der BETHE-Schüler Erich v. HOLST an die Untersuchung der Bewegungskoordination. Nach jahrelangen Untersuchungen erwies sich, daß sowohl Plastizitäts- als auch Reflexkettentheorie nicht alle Bewegungsphänomene erklären konnten.

Zwar hatte die Plastizitätslehre recht in der Ablehnung der Reflexkettenvorstellung, aber nicht in der Vorstellung, im ZNS könne Beliebiges geschehen.

Erich v. HOLST leitete zunächst aus dem Reflexkettengedanken strikte Folgerungen ab und legte sie als erste Arbeitshypothese seinen Untersuchungen zugrunde.

Ausgehend vom Zentralgedanken der peripheren Reizzufuhr bei Reflexen desafferentierte er einen Aal in der Mitte (vgl. Abbildung 2).

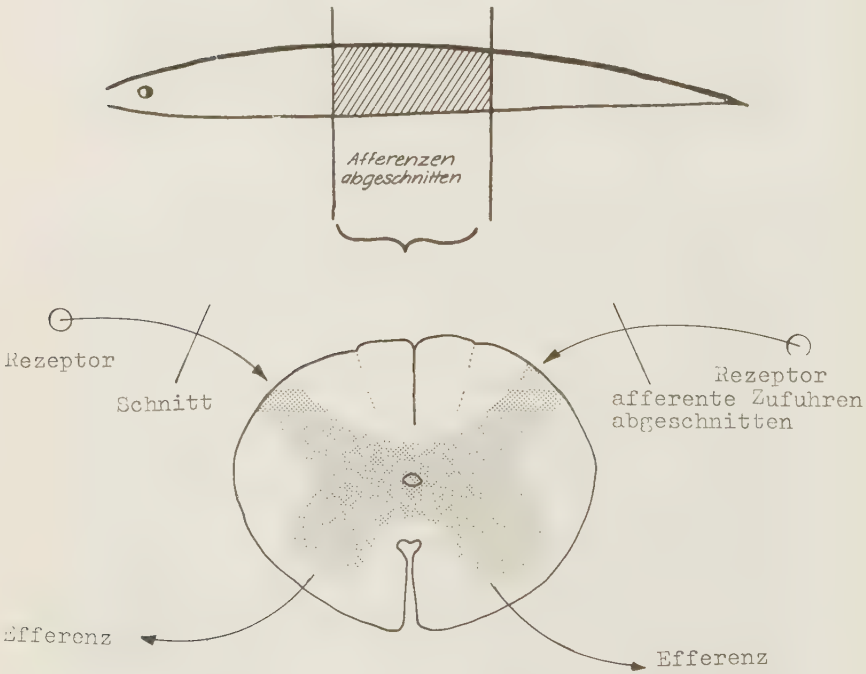


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Afferenzdurchtrennung beim Aal durch Erich von HOLST

"Nach beiderseitiger Durchtrennung aller dorsalen Rückenmarkswurzeln, mit Ausnahme derer, die die Brustflossen innervieren (also der 1. und 2. Wurzel), vermag die Schleie (Tinca) noch rhythmische Lokomotionsbewegungen des Rumpfes von wechselnder Amplitude und Frequenz auszuführen; die Bewegungen lassen sich durch Reizung der erhalten gebliebenen verschiedenen Receptoren des Kopfes und der Brustflossen erzeugen. Damit bestätigt sich die schon aufgrund früherer Versuche erschlossene automatische Grundlage des Lokomotionsrhythmus der Fische.

Die koordinierte Wellenbewegung des Körpers beim Aal (Anquilla) wird nicht aufgehoben nach Durchtrennung der beiderseitigen Spinalwurzeln in einer längeren mittleren Körperpartie (1/4 bis 1/2 der Gesamtlänge), auch wenn die Möglichkeit, daß das vordere Tierstück auf mechanischem Wege das hintere beeinflußt, ausgeschaltet ist. Der Verlauf der "Wellen" durch die Mittelpartie des Rückenmarks (mit beiderseits durchtrennten Nerven) ist weder merklich beschleunigt noch verlangsamt. Bei völliger mechanischer Festlegung der Wirbelsäule über eine längere Mittelstrecke (1/4 bis 1/2 der Gesamtlänge) ohne Nervendurchtrennung, ist die Koordination zwischen Vorder- und Hinterstück ebenfalls erhalten und die "Erregungsleitung" durch das fixierte Mittelstück normal. Aufgrund dieser Versuche und einiger weiterer Befunde wird die herrschende Lehre von der "Reflexketten"-Natur der Erregungsfortleitung abgelehnt. Ebenso ist die Annahme irgendeiner dem Bewegungswellenverlauf entsprechenden Erregungsfortleitung im Rückenmark unbegründet. Es wird als Arbeitshypothese die Auffassung entwickelt, daß auch die Koordination der Segmente des Rückenmarks, ebenso wie ihre rhythmische Entladung, auf einen rein zentralen Grundprozeß zurückgeht. Diese zentrale Koordination wird durch die peripheren Receptoren an veränderte äußere Bedingungen weitgehend angepaßt, wofür Beispiele angeführt werden."
(E. v. HOLST, 1939, S. 358 f)

Von HOLST wandte von nun an sein Interesse ganz diesen zentralen Faktoren (endogene Automatismen) zu. Wichtig schien ihm vor allem die Trennung von zentralen und peripheren Bedingungen beim Bewegungsstudium. Als dafür besonders geeignete Versuchstiere erwiesen sich Knochenfische des Golfes von Neapel, die sich durch rhythmische Flossenschwingungen fortbewegen.

"Den Fischen wird in Urethannarkose die Medulla etwa in Höhe des Vagusaustrittes durchtrennt. Daraufhin beginnen nach einiger Zeit äußerst gleichmäßige, lange Zeit (bis zu mehreren Tagen) anhaltende Schwimmbewegungen der Flossen, wie sie auch der ruhig schwebende oder langsam dahinschwimmende intakte Fisch zeigt; der Rumpf selbst wird dabei nicht bewegt. Bei Anwendung dieser Methode tritt also das Rückenmark selbsttätig in Aktion und braucht nicht erst durch periphere Reize dazu veranlaßt werden. Damit fallen zwei der Faktoren, welche die zentrale Koordination beeinflussen und ihre Analyse erschweren, fort: einmal die durch peripheren Reiz bewirkte Erhöhung und nachfolgende Senkung des allgemeinen zentralen Aktivitätszustandes , und zweitens die spezifischen Einflüsse, durch die der periphere Reiz den zentralen Koordinationsvorgang direkt modifiziert. Statt dessen haben wir ein Objekt vor uns, in dem verschiedene zentrale Rhythmen selbsttätig mit- oder gegeneinander arbeiten, sich untereinander ins Gleichgewicht zu setzen suchen, während dem Experimentator nur obliegt, das Ergebnis dieser zentralen Koordinationstätigkeit, die Bewegung der einzelnen Flossen, zu registrieren und im übrigen für konstante Außen- und Innenbedingungen zu sorgen."
(E. v. HOLST, 1936, S. 98)

Von HOLST beobachtete, daß nach Medulladurchtrennung der Knochenfische die Flossen spontan (d.h. ohne äußere Reizung) zu schwingen begannen. Schwang nur eine Flosse, dann war die registrierte Bewegung gleichmäßig sinusförmig; schwangen aber mehrere Flossen, dann erfuhren die Kurven Abänderungen verschiedenen Grades. Folglich mußte es zu einer gegenseitigen Beeinflussung der Einzelbewegungen gekommen sein. Eigenartig daran war auch, daß bei passiver Bewegung durch fremde Gegenstände die anderen Flossen keine Änderung zeigten. Also mußte die oben beobachtete Beeinflussung nicht notwendig erfolgen.
(nach LEYHAUSEN, 1954, S. 45 ff)

Erst durch Hinzutreten eines Kopplungsfaktors, den v. HOLST "Magneteffekt" nannte, kommt es zu einer Koordination.

Dieser Magneteffekt besteht darin, daß ein Rhythmus einem anderen, sei es schnelleren oder auch langsameren, fortlaufend eine ganz bestimmte Phasenbeziehung aufzwingt. Er regelt die zeitliche Zusammenarbeit, bei der es zur Bildung sogenannter Interferenzphänomene kommt.

Andererseits aber hat jeder Rhythmus das Bestreben - solange die äußeren und inneren Bedingungen konstant gehalten werden - seine Eigenfrequenz beizubehalten. V. HOLST nannte diese Erscheinung "Beharrungstendenz".

Folgende Koordinationsformen sind nach dem Intensitätsgrad der Magnetwirkung zu beobachten:

Absolute Koordination:

Es kommt zur Taktgleichheit beider Rhythmen. Dabei ist die gegenwärtige gegenseitige Bindung nicht starr, sondern elastisch.

Relative Koordination:

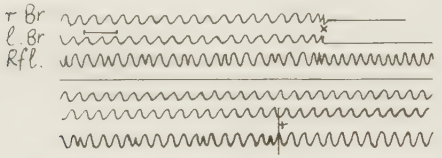
"Unter dem Begriff der relativen Koordination können wir alle jenen zentralnervösen Vorgänge oder nervös verursachten Bewegungen zusammenfassen, die sich aus gleichzeitig ablaufenden Teilaktionen zusammensetzen, welche weder gänzlich voneinander unabhängig, noch auch in einer bestimmt festgelegten gegenseitigen Beziehung vor sich gehen" (v. HOLST, 1939, S. 232).

Ein Rhythmus wirkt auf den anderen, je nach der ständig sich ändernden Phasenbeziehung beider, im periodischen Wechsel bald verlangsamend, bald beschleunigend ein.

Bei der relativen Koordination müssen wieder verschiedene Arten unterschieden werden:

1. Phasenkopplung:

Sie regelt das zeitliche Zusammenarbeiten. Von HOLST schränkte seinen Begriff der Magnetwirkung auf diesen Vorgang ein (vgl. Figur 2).

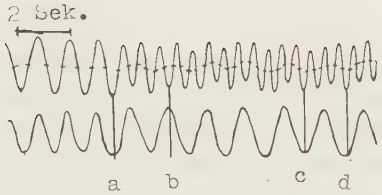


Figur 2:
Magneteffekt bei Labrus. In a ist bei x die Schreibfläche vorübergehend angehalten und die Brustrhythmen sind durch einmaligen Druck vorne auf den Rücken für längere Zeit stillgelegt. In b erfolgt bei + spontan der Übergang aus relativer in absolute Koordination. Kurvenanstieg bedeutet bei den Brustrhythmen Bewegung nach vorne, beim Rückenrhythmus Bewegung nach links. Der horizontale Strich im linken Kurventeil bezeichnet 2 Sekunden. (Aus v.HOLST 1939, nach WENDLER 1964)

2. Zentrale Überlagerung oder Superposition:

Sie besteht in einer gegenseitigen Beeinflussung der Amplitude der abhängigen Rhythmen, die je nach der Phasenlage in einer Vergrößerung oder einer Verkleinerung bestehen kann (vgl. Figur 1, 4 und 5).

Figur 1:
Superposition bei Labrus. Rfl. - Rückenflosse; l.Br. und r.Br. - linke und rechte Brustflosse. Bei a setzt der Rhythmus der Brustflossen ein, bei x fällt eine Schwingung der rechten Brustflosse aus. Eine gestrichelte Linie verdeutlicht das Niveau, um das sich die Rückenflossenschwingung bewegt. Sie schwankt von a ab rhythmisch.
(Aus v.HOLST 1939, nach WENDLER 1964)



Figur 4:
Willkürliche Bewegung beider Arme im Ellenbogengelenk bei geschlossenen Augen. Die Versuchsperson soll von a ab den rechten Arm(Obere Kurve) vom linken unbeeinflußt immer schneller schwingen. Die unbeabsichtigten Schwankungen des Niveaus in der oberen Kurve sind analog wie in Fig.2 durch eine unterbrochene Linie verdeutlicht.
(Aus v.HOLST 1939, nach WENDLER 1964)

Figur 5:
Überlagerung einer dem einen Arm aufgezwungenen langsamen Bewegung (P) über den schnelleren Rhythmus des aktiv bewegten anderen Armes.
(Aus GUNKEL 1962, nach WENDLER 1964)

Superposition sorgt für gegenseitige Verstärkung und Abschwächung der rhythmischen Erscheinungen des ZNS.

Keine Koordination:

Völlige Beziehungslosigkeit ist selten und tritt bei solchen Tierformen auf, bei denen das ZNS keine entscheidende Rolle in der Koordination der Teile spielt. Auch nach Amputation beim Tausendfüßler wurde diese beobachtet. Beim Menschen wurde sie beobachtet beim sogenannten Kältezittern (Richard JUNG, 1941). Bei Willkürbewegungen ist sie oft das Ergebnis ausdauernder Übung (Klavier- und Geigenspiel). Jedoch gibt es da große individuelle Unterschiede (nach v. HOLST, 1939, S. 233).

Ein Überblick über die Möglichkeiten der Koordination zeigt, daß bei einem Lebewesen sehr verschiedenartige Möglichkeiten vorkommen können; es gibt eine Fülle von Variationsmöglichkeiten und Gesetzmäßigkeiten. Wir wollen nur drei wichtige Beobachtungen herausgreifen:

1. Die verschiedenen, bei relativer Koordination auftretenden Periodenbildungen sind nämlich nicht alle gleichwertig, sondern sie weisen sehr verschiedene Stabilitätsgrade auf. Und zwar wächst die Stabilität der zwischen zwei und mehr Rhythmen bestehenden Bindung mit der Einfachheit der wechselseitigen Frequenzbeziehungen. Das bedeutet: je einfacher die Frequenzbeziehung, umso leichter und überdauernder kann sie durchgeführt werden.

   Die stabilste Ordnungsform ist danach die absolute Koordination mit der Frequenzbeziehung 1:1. Dann folgen 1:2; 1:3; 2:3.

   Für Dreier-Rhythmen gilt analog: 1:2:2 ist leichter als 1:2:3; diese letzte Beziehung ist selbst wieder leichter als 2:3:4.

   Ganz entsprechend dem Gesetz der Prägnanz in der Gestaltpsychologie ist dies eine Tendenz zu bestimmten ausgezeichneten Verhaltensweisen.

2. Diese Stabilität äußert sich darin, daß bei allmählicher gleitender Abänderung der äußeren oder inneren Aktionsbedingungen die Periode ihre Gestalt zunächst weitgehend wahrt, bis zu einer kritischen Grenzsituation, an der zumeist sprunghaft der Übergang in

eine andere Gleichgewichtslage (zum Beispiel Umschlag von relativer in absolute Koordination) stattfindet, die ihrerseits auch in einem gewissen Bedingungsbereich ihre Form aufrecht erhält. Es besitzt also jedes dieser Gleichgewichte eine innere Selbständigkeit, die es von dem Wandel äußerer Faktoren (auch solcher im ZNS, aber außerhalb dieser Rhythmenbeziehungen) bis zu einem gewissen Grade unabhängig macht.
(nach LEYHAUSEN, 1954, S. 45 ff)

3. Die Zeit- oder Bewegungsgestalten sind grundsätzlich transponierbar. Der Phasenabstand zwischen je zwei benachbarten Flossenstrahlen bleibt derselbe, der Zeitabstand dagegen verändert sich, und zwar so, daß er stets im selben Verhältnis zur Gesamtphasendauer bleibt.

3. Weiterführung der v. HOLST'schen Untersuchungen

Hatte sich v. HOLST vorwiegend dem Studium der Bewegungen bei Tieren zugewandt, so blieb seinen Schülern und Nachfolgern die Aufgabe, auch beim Menschen auf ähnliche Weise die Funktionsweise zentraler Koordinationsvorgänge zu studieren.

Von jetzt an wird jedoch zugleich an mehreren "Fronten" gearbeitet: auf psychologischer und neurophysiologischer Seite. Selbst Physiker versuchten weitere Modelle möglicher Koordinationsformen zu finden - in der Absicht, die Koordinationsfähigkeit künstlicher Ersatzglieder den natürlichen Vorgängen immer mehr anzugleichen.

Die erste Arbeit veröffentlichte Richard JUNG im Jahre 1941. Er untersuchte die Koordinationserscheinungen bei den Zitterformen der Parkinsonschen Krankheit und ähnlichen motorischen Erkrankungen.

Der Parkinsontremor zeigt sich vor allem an den Händen, Fingern, Oberarmen und Unterschenkeln. JUNG fand bei seinen Patienten sowohl Phasenkopplung als auch zentrale Überlagerung der primär unabhängigen Eigenrhythmen bei symmetrischen Extremitäten. Darüber hinaus beobachtete er Koordinationsformen zwischen Muskelgruppen derselben Extremität, vor allem zwischen: Ober- und Unterarm, Ellbogen und Handstrecker, Ober- und Unterschenkel, Quadriceps und Fußheber. Im Gegensatz dazu konnte JUNG bei Fingertremor des gesunden Menschen zwischen linker und rechter Hand nur selten relative Koordination beobachten.
(JUNG, Richard, 1941, S. 263 ff.)

HUGGER berücksichtigte die gleitende Koordination schon bei der Auswertung des Elektroenzephalogramms. (nach v. HOLST, 1938, S. 484 ff)

1938 hat A. PEIPER eine Reihe von Beobachtungen am Säugling mitgeteilt, die für eine relative Koordination zwischen Atem- und Saugbewegungen und ferner zwischen Atemrhythmus und dem periodischen Auftreten des sogenannten Schluchzens sprechen. (PEIPER, 1964, S.364 f.)

Von HOLST begann auch noch selbst Experimente mit Erwachsenen, die dann von seiner Schülerin Maria GUNKEL weitergeführt wurden.

Von HOLST ließ seine Vp den rechten Arm unabhängig vom linken immer schneller schwingen. Dabei registrierte er die Bewegungen im Ellenbogengelenk beider Arme. "Gegen ihren Willen und ohne daß ihr das bewußt wurde, überlagerte sich den Bewegungen des rechten Arms der langsamere Rhythmus des linken." (WENDLER, 1964, S. 160)
Figur 4 auf Seite 11 zeigt ein Ergebnis dieser Versuchsanordnung.

GUNKEL untersuchte 134 Personen im Alter von 8 bis 75 Jahren.

"Geprüft wurde die relative Koordination zwischen beiden Händen, Unterarmen, Oberarmen, sowie Unterarm und Unterschenkel.

Die Versuchspersonen saßen oder lagen in bequemer Stellung so, daß eine mechanische gegenseitige Beeinflussung der Rhythmen unmöglich war. Die Bewegung wurde durch Fäden über zwei Rollen auf Tintenschreiber übertragen."
(GUNKEL, 1962, S. 472)

GUNKEL variierte ihre Teilnehmer nach Alter, Geschlecht, Beruf und Geschwisterschaft (z.B. einige Zwillinge). Sie faßt ihre Ergebnisse so zusammen:

"Für den Grad der Abhängigkeit (d.h. der Koordination, d. Verf.) ergibt sich in absteigender Folge: Beide Beine, Ober- und Unterarm, beide Oberarme, beide Unterarme, beide Hände, gleichseitiger Unterarm und Unterschenkel. In der Art und dem Grad der Entkopplung finden sich große individuelle Unterschiede bei Kindern wie auch Erwachsenen, auch Tänzer und Jongleure fallen nicht aus dem üblichen Rahmen. Manchmal sind selbst bei eineiigen Zwillingen die Unterschiede groß. Versuchspersonen mit geistigen Berufen gelingt das "Entkoppeln" der Gliedmaßen leichter. Die Formen der relativen Koordination: Phasenkopplung, Überlagerung entsprechen dem von anderen Tieren Bekanntem."
(GUNKEL, 1962, S. 476)

Die genannten Untersuchungen gingen beinahe ausschließlich dem Phänomen der Amplitudenbeeinflussung oder Superposition nach; Gegenstand waren willkürliche (v. HOLST, GUNKEL) und unwillkürliche (R. JUNG) Gliedbewegungen - und zwar in freier Schwingung vor allem um das Ellenbogen- und Kniegelenk.

V. HOLST erstellte seine Theorie hauptsächlich auf Grund seines Studiums der Lokomotionsbewegungen von Tieren in verhältnismäßig gleichbleibenden Medien, wie etwa: Fliegen in der Luft, Schwimmen im Wasser.

Bewegungen unterscheiden sich aber gerade durch die Art ihrer Aufgabenziele, weil der Anteil der verschiedenen Steuerungsfunktionen jeweils verschieden groß ist. WENDLER macht deshalb auf einen wichtigen Unterschied aufmerksam:

" Bei Lokomotionsbewegungen wird man immer dann erwarten dürfen, daß der Einfluß der Peripherie fehlt, oder gering ist, wenn die Lokomotionsorgane in einem gleichmäßigen Medium frei schwingen, wie dies bei Fischflossen (v. HOLST 1939) und Flügeln (WILSON 1963) der Fall ist. Receptoren scheinen demgegenüber eine größere Rolle zu spielen, wenn die Lokomotion sich den Gegebenheiten eines Substrates anpassen muß wie beim Laufen oder Klettern. So geht die absolute Koordination der Beine eines auf waagerechter Fläche schreitenden grünen Heupferdes (Locusta viridissima) in relative über, sobald sich die äußeren Bedingungen ändern, das Tier z.B. einen vertikalen Stab emporkriecht."
(WENDLER, 1964, S. 161 f.)

Auf der psychologischen Seite war Wilhelm WITTE der erste, der die von HOLSTschen Anregungen aufgriff und weiterentwickelte; er widmete sich dem Problem der Fingerkoordination bei rhythmischen Bewegungen und entwickelte dafür ein Rhythmusgerät, das gestattet, beliebige Rhythmusfolgen optisch oder akustisch darzubieten und die Bewegungen aller Finger zu registrieren.

1958 experimentierte damit als erste KOTTEK, L. über die Stabilisierung rhythmischer Koordination. Sie verglich verschiedene Frequenzbeziehungen der Finger (z.B. 3:2, 3:4, 3:5), wobei sich erste Parallelen zu den von HOLSTschen Befunden abzeichneten: die Stabilität von Rhythmen ist umso ausgeprägter, je einfacher die Frequenzbeziehung ist. (KOTTEK, 1958)

1962 griff RIEGER, J. ähnliche Probleme wieder auf; neben der Frage nach Unterschieden in der Reproduktion optischer und akustischer Rhythmen, lautete

seine Zielfrage so: "Ändert sich die Rhythmusstruktur, wenn ein Takt (unwillkürlich) schneller oder langsamer als der vorgegebene Rhythmus gespielt wird?" (RIEGER, 1962, S. 22) In seinen Versuchen fand er eine Veränderung im inneren Aufbau der Rhythmusstruktur bei zunehmendem Tempo der Darbietung. (RIEGER, 1962, S. 43)

Die vorliegende Untersuchung schließt sich eng an die zuletzt genannten Arbeiten an. Auf diese und die Veröffentlichungen des Schülerkreises E. v. HOLSTs wurde ich zum erstenmal im Rahmen einer Vorlesung und Übung über das Handeln aufmerksam.

Herrn Professor Dr. Witte möchte ich an dieser Stelle für die zahlreichen Anregungen und kritischen Erwägungen herzlich danken.

4. Zielfragen der vorliegenden Untersuchung

In der folgenden Untersuchung haben wir ein in der Musik sehr beliebtes Bewegungsmuster zum Untersuchungsgegenstand gewählt: nämlich die Zuordnung von Triolen und Duolen, d.h. dieselbe Zeiteinheit wird gleichzeitig von der einen Hand in drei und von der anderen in zwei Teile geteilt.

Wichtig erscheint uns noch der Hinweis, daß wir damit eine andere Art der Zusammenarbeit gewählt haben als man sie kennt von Leithand-Hilfshand, Krafthand - Stützhand, Gegenbewegungen oder Handwechsel. Zudem verläuft die Bewegung fortlaufend rhythmisch und verlangt von den Versuchspersonen eine starke Konzentration bei der Erlernung.

Der erste Teil beabsichtigt, das Koordinationsgefüge dieser "klassischen" Frequenzbeziehung in seinen zeitlichen Eigenheiten kennenzulernen.
Daraus ergeben sich folgende Fragen:

1. Wie schnell spielen die Vpn im Durchschnitt die Triolen und Duolen?
2. Spielen die Vpn alle Taktteile gleich lange Zeit? Kommt es zur Ausbildung typischer Triolenstrukturen? Bleiben diese Strukturen über die ganze Spielzeit hinweg konstant oder verändern sie sich?
3. Wie stark sind die einzelnen Taktteile, zum Beispiel 1. Triolenteil und 1. Duolenteil, miteinander koordiniert?
4. Verändert sich der Grad der Koordination im Laufe der Spielzeit?
5. Ist der Koordinationsgrad abhängig von der jeweiligen Versuchsmethode?
6. Herrschen bei ähnlichen Taktstrukturen auch ähnliche Koordinationsverhältnisse?

Im zweiten Teil der Untersuchung schreiben wir unseren Vpn keine Frequenzbeziehung vor, sondern bitten sie einfach, unterschiedlich schnelle Bewegungen spontan auszuführen.

Wir wollen damit untersuchen, ob Vpn von ihrer Freiheit tatsächlich Gebrauch machen und ganz eigene, individuell verschiedene Bewegungsmuster erfinden oder reproduzieren.

Die Zielfragen dieses Abschnitts lassen sich etwa so fassen:

1. Welche Frequenzbeziehungen werden hauptsächlich gewählt?
2. Besteht eine Abhängigkeit zwischen Frequenzbeziehung und Geschwindigkeit?
3. Besteht eine Abhängigkeit zwischen Frequenzbeziehung, Finger- und Handwahl?
4. Welche Bewegungsweisen kommen überhaupt vor?

Zusammenfassung des I. Kapitels

Bewegungsabläufe gestalten sich nach einem Organisationsplan. Die Auffassung der Bewegung als einer reinen Reflexkette erwies sich physiologisch und psychologisch als nicht mehr haltbar.

Die Theorie der relativen Koordination von E. v. HOLST versucht gegenüber der Reflexkettenvorstellung weiteren Bewegungsphänomenen Rechnung zu tragen. Danach ist die Bewegungskoordination mehr zentraler als peripherer Natur. Für diesen zentralen Koordinationsvorgang fand v. HOLST drei verschiedene Erscheinungsweisen:
Absolute, Relative und keine Koordination.

Er untersuchte besonders bei Tieren den Prozeß der Relativen Koordination und konnte dafür einige Regeln ableiten, deren Ähnlichkeit mit Gesetzen der Gestaltpsychologie überraschte. Die v. HOLST'schen Untersuchungen waren eine Anregung für Neurophysiologen und Psychologen.

Unsere Untersuchung setzt sich als Ziel, einige Grunderscheinungen bei der Koordination menschlicher Fingerbewegungen kennenzulernen.

II. Experimentelle Studien, erster Teil

1. Kurze Beschreibung des Versuchsgerätes

Wir verwandten bei allen Versuchen das Rhythmusgerät, das von Professor Dr. WITTE entworfen und weiterentwickelt wurde.

Das Gerät hat 10 Tasten, die nebeneinander angeordnet sind und wie beim Klavierspiel gedrückt werden können. Jede Taste ist mit einem Schreibhebel verbunden, an dessen Ende ein Filzstift steckt. Unter diesen Filzstiften wird von einem Motor ein Papierstreifen in konstanter Geschwindigkeit vorbeigezogen. Sobald man eine Taste niederdrückt, wird der Schreibhebel mit dem Filzstift seitlich verschoben. Bei der Rückkehr der Taste in die Ausgangslage gent der Schreibhebel ebenfalls wieder zurück. Diese Bewegungen werden auf dem Papier vom Filzstift mitregistriert.

Über den Tasten befindet sich auch jeweils noch ein Lämpchen, das man aufleuchten lassen kann. Dieses Lämpchen kann man an ein Zeitgebergerät anschließen. Unser selbstgebautes Zeitgebergerät bestand aus einer sich drehenden Nockenwelle, die von einem Motor angetrieben wurde. Die Anzahl der Umdrehungen/Min. ist variierbar. Dadurch ist es möglich, rasch verschiedene Geschwindigkeiten zu wählen.

Auf der Nockenwelle sitzen zwei Scheiben mit je 30 Kontaktbüchsen. An der Nockenwelle selbst sind zwei Zeiger als Kontaktfühler angebracht, die sich mitdrehen. Bei einer Umdrehung werden jedesmal 30 Kontakte für kurze Zeit geschlossen.

Folglich hat man die Möglichkeit, aus diesen 2 x 30 Kontakten zwei Reizfolgen zusammenzustellen, indem man einfach den Strom von bestimmten Kontaktstellen abnimmt; dieser Stromkreis wird den Lämpchen unseres Rhythmusgerätes angeschlossen; damit kann man Reizfolgen verschiedener Art darbieten, die optisch wahrnehmbar sind. Ferner besteht auch noch die Möglichkeit, jeden vom Zeitgeber ausgesandten Stromimpuls über einen Zeitschreiber (Relaisspule) gleichzeitig auf dem Papierrand mitzuregistrieren.

In den Abbildungen 3 und 4 a und 4b sind die Versuchsgeräte dargestellt.

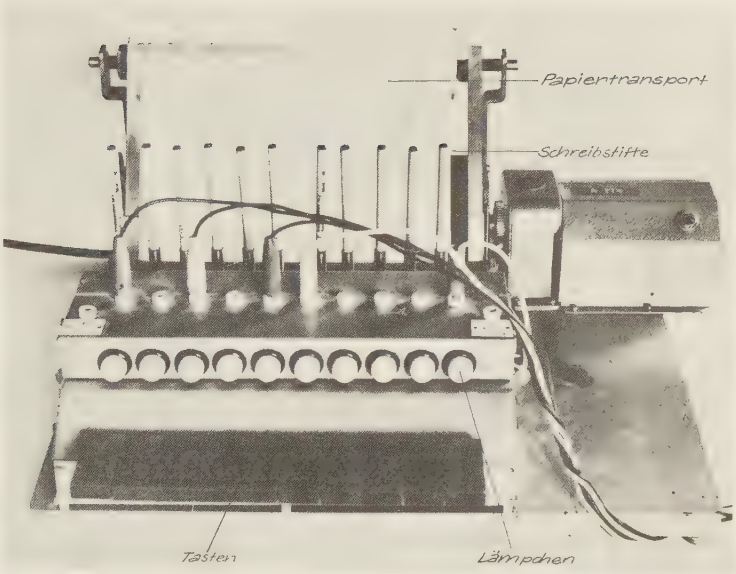


Abbildung 3: Das Rhythmusgerät nach Professor WITTE

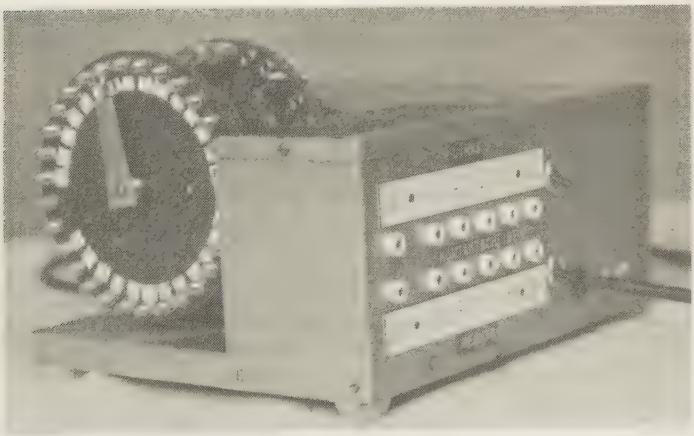


Abbildung 4a: Das Zeitgebergerät nach Professor WITTE

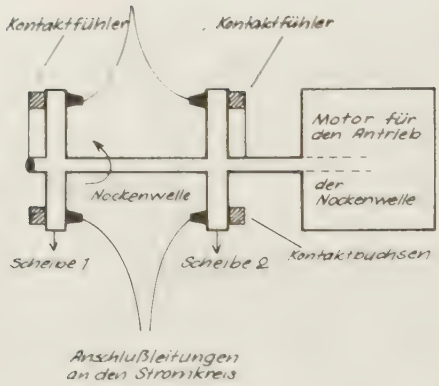


Abbildung 4b: Schematische Darstellung des Zeitgebergerätes nach Professor WITTE

2. Wahl der Versuchsmethoden

Wir können Triolen und Duolen auf verschiedene Arten spielen: den Rhythmus entweder darbieten und nachspielen - oder auch spontan spielen lassen.

Dementsprechend verlief unsere erste Spielart so:

Wir boten einer Vp etwa 10 - 15 Takte mit Hilfe der Reizlämpchen. Die Vp drückte immer die Taste, über der ein Licht aufleuchtete (= Lampenversuch - Lernphase).

Nach etwa 1 - 1,5 Minuten Uhrzeit erloschen die Lichtlampen, und die Vp mußte so weiterspielen, wie sie es vorher gelernt hatte (= Lampenversuch - Testphase). Bei diesen Versuchen war es möglich, den Triolen-Duolen-Rhythmus verschieden schnell darzubieten.

Bei der zweiten Spielart wurden die Vpn kurzum gebeten, Triolen und Duolen spontan gleichzeitig zu spielen (= Spontanversuch).

Unsere Vpn spielten die Triolen immer mit der rechten-, die Duolen mit der linken Hand (vgl. dazu die schematische Darstellung in Abbildung 5).

Abbildung 5: Schematische Darstellung des Triolen - Duolen - Spiels

Die meisten Vpn machten beide Versuche mit; erste Vorversuche ließen nämlich die Vermutung aufkommen, daß bereits die Lampenversuche vom Spontanspiel beeinflußt werden könnten.

Um diese Fragen nachzuprüfen, entschieden wir uns für den Versuchsplan, den wir anschließend beschreiben.

3. Versuchsplan

Versuchs-serie	Art der Vpn	Reihenfolge der Versuche 1. Versuch	2. Versuch	Geschwindigkeit der Lampenversuche (Lernphase) sec/Takt
Versuchs-serie I	musizierende Studenten	Spontanver-such mit freier Ge-schwindig-keitswahl	Lampenvers. mit vorge-schriebener Geschwindig-keit a) Geschw.[1] 10 U/Min. b) Geschw. 15 U/Min. c) Geschw. 20 U/Min.	 6 sec / Takt 4 sec / Takt 3 sec / Takt
Versuchs-serie II	musizierende Studenten	Lampenver-such mit vorgegebe-ner Ge-schwindig-keit a) Geschw. 10 U/Min. b) Geschw. 15 U/Min.	Spontanver-such mit freier Ge-schwindig-keitswahl	 6 sec / Takt 4 sec / Takt
Versuchs-serie III	nicht musi-zierende Studenten	Lampenver-such mit Geschwindig-keit 10 U/Min.	-	6 sec / Takt

Bei der Wahl der Geschwindigkeiten wurden die Angaben von FRAISSE und MC DOUGALL berücksichtigt, nach denen die unterste Grenze von Tongruppierungen bei 3 bis 5 sec/Takt liegt (FRAISSE, 1956, S. 17). Andererseits gelang es keiner Vp, schneller als 20 U zu spielen, da hier eine Grenze der Reaktions-

---

1) Erklärung der Geschwindigkeit: Geschwindigkeit 10 U bedeutet: 10 Umdrehungen des Kontaktfühlers pro Minute.

fähigkeit auf komplexere Muster zu liegen scheint.

4. Weitere Versuchsbedingungen

a) Alle Versuche fanden als Einzelversuche statt. Vpn waren Lehrerstudenten der Pädagogischen Hochschule Osnabrück; fast alle Teilnehmer hatten Musik als Wahlfach belegt.

Insgesamt nahmen 41 Studenten teil;
davon waren 12 (30%) Studenten und
29 (70%) Studentinnen.

b) Die Vpn saßen in einem wohnlich eingerichteten Zimmer vor dem Rhythmusgerät. Dabei wurde stets darauf geachtet, daß die Vpn in der Höhe sitzen konnten, die zum Spielen angenehm und nicht ermüdend war, was auch für den Klavierspieler eine wesentliche Bedingung ist. Wichtig ist vor allem: der Winkel zwischen Ober- und Unterarm muß etwas mehr als 90° betragen.

c) Den Vpn wurde folgende Versuchsanweisung gegeben:

I. Versuchsinstruktion für den Spontanversuch

Der Versuchsleiter stellte kurz die Frage: "Wissen Sie, was Triolen und Duolen sind?" Beantwortete eine Vp diese Frage mit "ja", dann fragte der Versuchsleiter weiter: "Haben Sie schon Triolen und Duolen gespielt?" Wurde auch diese Frage bejaht, dann fuhr der Versuchsleiter fort: "Sie sehen hier ein Gerät, das so ähnlich aussieht wie ein Klavier. Vor sich sehen Sie 10 Tasten, auf denen man spielen kann. Versuchen Sie doch bitte jetzt einmal, rechts Triolen - und links Duolen zu spielen - und zwar gleichzeitig!" Es wurden dann die Finger genannt, mit denen gespielt werden sollte.

II. Versuchsinstruktion für den Lampenversuch

"Sie haben vor sich so etwas ähnliches wie ein winziges Klavier. Versuchen Sie doch bitte einmal, alle Ihre Finger auf je eine Taste zu legen.

(Pause) Über diesen Tasten sehen Sie kleine Lämpchen. Ihre Aufgabe ist es nun, da den Finger zu drücken, wo eine Lampe aufleuchtet. (Der Versuchsperson wurde gezeigt, an welchen Stellen die Lampen aufleuchten.)

Sie sollen im Laufe der Zeit diese Lichtfolgen einüben, denn nach einiger Zeit schalte ich die Lichter aus; und dann sollen Sie so weiterspielen, wie Sie das vorher gelernt haben.

Ich möchte Ihnen noch versichern, daß es hier nicht auf hohe Reaktionsgeschwindigkeit ankommt; lassen Sie sich nicht aus der Ruhe bringen, wenn nicht immer alles so gelingt, wie Sie es gerne wünschten. Die Aufzeichnungen Ihres Spiels dürfen Sie anschließend selbst anschauen."

Da beim Lampenversuch der Test - dem Lernversuch sofort folgte, benötigten wir keine neue Instruktion für diese zweite Versuchsphase.

Vpn, welche die Instruktion für den zweiten Teil vergessen hatten, ermutigten wir: "versuchen Sie so weiterzuspielen, wie Sie das bis jetzt geübt haben!"

In den beiden Versuchsinstruktionen wurde bewußt auf den Gebrauch des Begriffs "Rhythmus" verzichtet, da dann unter Umständen die Einstellung zum Versuch verändert worden wäre.

Zwischen Spontan- und Lampenversuch lag immer ein Zeitraum von einigen Tagen.

Nach Beendigung der beiden Versuche fragten wir jede Versuchsperson:

> " Haben Sie das Gefühl, daß die beiden Versuche, die Sie mitgemacht haben, einander ähnlich sind und etwas miteinander zu tun haben? "

5. Registrierung der Ergebnisse

Alle Schreibstifte berühren während des Versuches das Registrierpapier. So ergeben die Kurven nicht nur ein Bild von der Fingerbewegung, sondern auch der Ruhelagen.

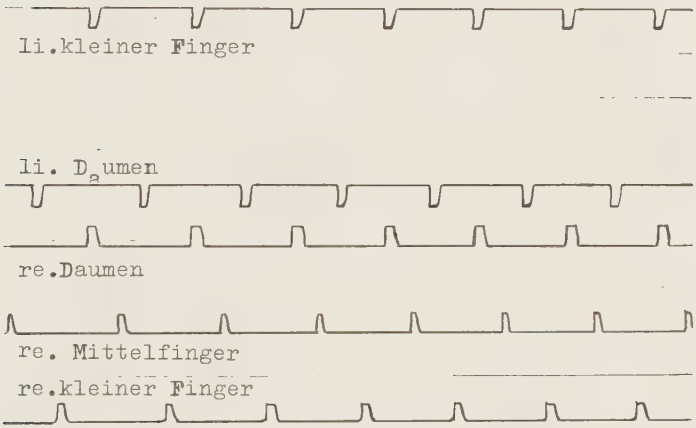


Abbildung 6: Auszug aus einem Originalregistrierstreifen (Versuch 2)

Die Originallängen wurden anschließend in Takteinheiten aufgeteilt (vgl. nachfolgendes Schema).

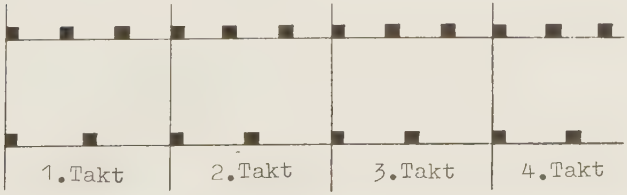


Abbildung 7: Schema der Taktaufteilung beim Triolen - Duolen - Spiel

Dann wurden alle Triolen und Duolen einzeln ausgemessen - und zwar immer von Anschlag - zu Anschlagsbeginn (vgl. Abbildung 8). Bei Taktlängen über 20 mm maßen wir auf 1 mm genau; bei weniger als 20 mm betrug die Genauigkeit 0,5 mm.

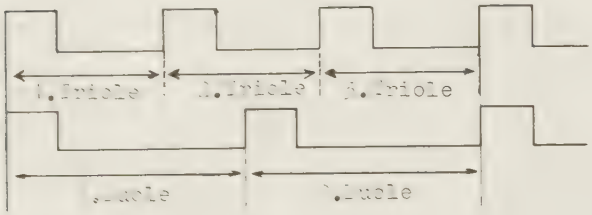


Abbildung 8: Darstellung der Taktteilvermessung

Damit erhielten wir die absolute Länge der Triolen- und Duolenteile und des Gesamttaktes.

Die Ergebnisse der Lampenversuche trennten wir, wie oben erwähnt, in eine L e r n p h a s e (mit Licht) und in eine T e s t p h a s e (ohne Licht). Diese Originalmeßwerte wurden auf Listen übertragen, die der nachfolgenden Umrechnung als Grundmaterial dienten.

6. Umrechnung der Originalmeßwerte

Wenn wir mehrere Takte in ihrer Rhythmusstruktur oder dem Taktaufbau miteinander vergleichen wollen, dann müssen wir die Takte vorher in ein einheitliches Maß transformieren. Bei dieser Transformation sollte man aber auf folgende Bedenken Rücksicht nehmen:

Ein Einheitsmaß muß von der Größenordnung sein, daß kleinste Unterschiede in den objektiven Längen nachher nicht als sehr imponierend erscheinen; andererseits sollten ursprünglich gemessene Unterschiede nicht allzusehr verkleinert werden. Nichtbeachtung dieser Bedenken führt dazu, daß man Meßwerte ganz falsch interpretiert, weil man ja entweder die Meßfehler automatisch mitvergrößert oder bedeutsame Unterschiede verkleinert.

Die meisten originalen Taktlängen liegen etwa zwischen 1,3 und 6,5 sec/Takt (dem entspricht auf dem Registrierpapier etwa 25 bis 120 mm an gespielter Länge); wir entschieden uns für das Einheitsmaß 90. Auf diesen Maßstab transformierten wir sämtliche Triolen- und Duolenmeßwerte.

Alle transformierten Werte wurden wieder auf Listen eingetragen und anschließend zusammen mit der objektiven Länge auf Lochkarten übertragen. Jeder gespielte Takt bekam eine Karte; insgesamt erhielten wir damit etwa 3500 Karten.

7. Darstellung und Erörterung der Ergebnisse der Mittelwertbildung

Vorbemerkung:

Weil es versuchstechnisch nicht möglich ist, alle Vpn gleich viele Takte spielen zu lassen (einige Vpn ermüden sehr schnell, und andere wollen nach mehreren Takten einfach nicht mehr weiterspielen

und unterbrechen das Spiel), mußten wir uns darauf beschränken, für alle vergleichenden und zusammenfassenden Darstellungen zunächst nur die ersten 10 Takte heranzuziehen; diese Maßnahme fiel uns etwas leichter, da die Abhängigkeiten von der Anzahl der Takte ohnehin Gegenstand einer eigenen Zielfrage ist.

a) Die absolute Spielgeschwindigkeit für alle Spontanversuche

Hat eine Vp die Möglichkeit, einen Triolen-Duolen-Rhythmus ohne jegliche Vorschrift zu spielen, dann schlägt sie vermutlich eine Geschwindigkeit an, die ihr angenehm ist.

In unseren Versuchen erhielten wir folgende Spielgeschwindigkeiten (vgl. Tabelle 1):

Tabelle 1: Die Spielgeschwindigkeiten beim Spontanversuch

Geschwindigkeit sec/Takt	beobachtete Häufigkeit von Vpn	Ø Abstand der Triolenanschläge (in sec)
0,49	1	0,16
0,54 - 1,03	7	0,18 - 0,34
1,08 - 1,57	14	0,36 - 0,52
1,62 - 2,11	8	0,54 - 0,70
2,16 - 2,65	2	0,72 - 0,88
N = 32 Vpn		

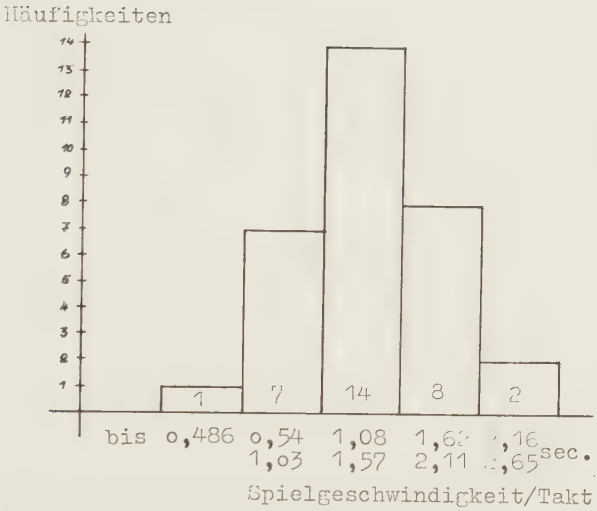


Abbildung 9: Die Häufigkeiten der Spielgeschwindigkeiten beim Spontanversuch (N = 32)

Tabelle 1 und Abbildung 9 zeigen, daß die allermeisten Vpn mit einer mittleren Geschwindigkeit um 0,40 sec. Abstand von Triolenanschlag zu Anschlag spielen.

Ganz ähnliche Ergebnisse fand auch FRAISSE bei seinen Untersuchungen: "Wir haben in den spontanen und nichtstrukturierten Gruppen herausgefunden, daß für die Gruppen von 3 Schlägen das Intervall zwischen den Schlägen 0,42 sec. betrug - bei Gruppen von 4 Schlägen 0,37 sec."
(FRAISSE, 1956, S. 14 f)

Gibt es aber nun auch Unterschiede, die dadurch bedingt sind, daß der Spontanversuch vor oder nach dem Reizversuch stattgefunden hat? Abbildungen 10 und 11 zeigen die Häufigkeiten der Spielgeschwindigkeiten beim Spontanversuch in beiden Versuchsgruppen:

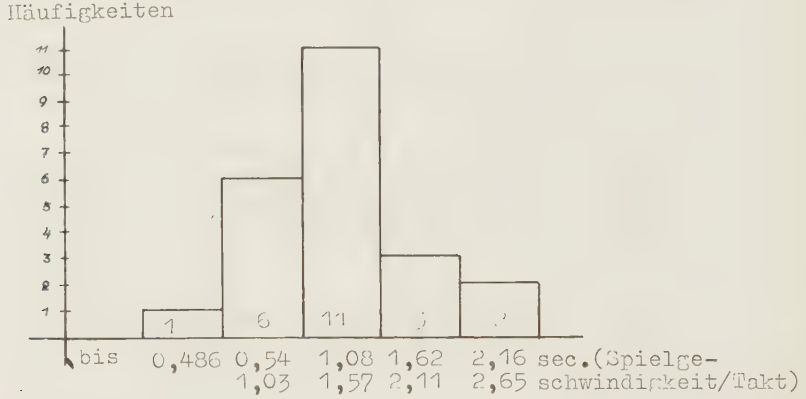


Abbildung 10: Die Häufigkeiten der Spielgeschwindigkeiten beim Spontanversuch der Versuchsserie I (N = 23)

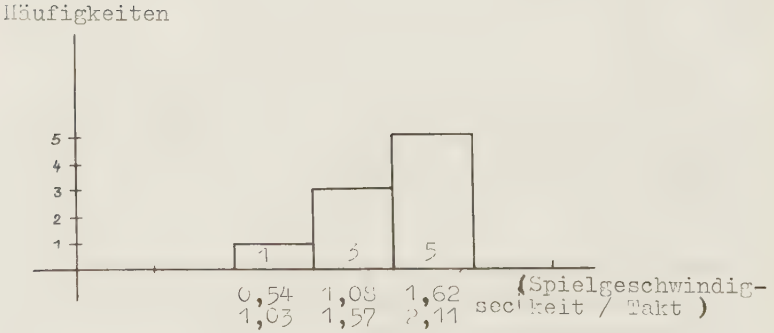


Abbildung 11: Die Häufigkeiten der Spielgeschwindigkeiten beim Spontanversuch der Versuchsserie II (N = 9)

Obwohl in der Versuchsserie II die Anzahl der Spontanversuche gering ist, scheint sich dennoch eine Tendenz abzuzeichnen, nach der die Versuche der Serie II eher zu einer längeren Taktdauer neigen als jene der Serie I.

In der Versuchsserie II gingen dem Spontanversuch immer der Lampenversuch mit Lern - und Testphase voraus, die in der Regel langsamer gespielt werden; dies wird im anschließenden Abschnitt noch näher erörtert werden.

Man kann deshalb wohl vermuten:
Die Lampenversuche beeinflussten die Spontanversuche in der Wahl der Spielgeschwindigkeit.

Z u s a m m e n f a s s u n g :

1. Wenn die Versuchspersonen das Tempo ihres Spiels frei bestimmen können, dann entscheiden sie sich für eine Geschwindigkeit, die zwischen 0,18 und 0,7 sec pro Triolenanschlag zu Triolenanschlag liegt.

   Die allermeisten Vpn spielen im Tempo 0,4 sec pro Triolen- zu Triolenanschlag. Nach dem Metronom von MÄLZEL entspricht das ungefähr einer Allegro - Bewegung.

2. Bei den Versuchen zeigte sich eine Tendenz, nach der die vorangegangenen Lampenversuche die Spontanversuche in der Geschwindigkeit beeinflussen.

b) Die absolute Spielgeschwindigkeit der Lampenversuche

Tabelle 2:
Durchschnittsgeschwindigkeiten pro Takteinheit der Versuchsserien I, II und III

	Dargebotene Versuchsgeschw. in der Lernphase sec/Takt	Gespielte Geschw. Lernphase sec/Takt	Lernphase sec/Takt	Ø Differenz von Lern- u. Testphase
Serie I	10 U = 6	4,3	3,8	0,5
	15 U = 4	3,8	2,5	1,3
	20 U = 3	2,6	2,3	0,3
Serie II	10 U = 6	5,2	3,2	2,0
	15 U = 4	3,9	2,5	1,4
Serie III	10 U = 6	5,2	3,6	1,6

Da in der Lernphase praktisch die Geschwindigkeit vorgeschrieben wird, könnte man erwarten, daß alle Vpn bei gleicher Geschwindigkeitsdarbietung auch gleich schnell spielen. Für die Teilnehmer unseres Versuchs trifft das nur in unterschiedlicher Weise zu, denn bei allen Geschwindigkeitstypen gibt es auch einige, die schneller spielen als vorgeschrieben ist (besonders die Vpn der Versuchsserie 1 bei Geschw. 10 U).

In der Testphase haben die Vpn wieder mehr Gelegenheit, die Geschwindigkeit individuell zu bestimmen. Dabei fällt auf, daß die Geschwindigkeit in der Testphase gegenüber der Lernphase wesentlich zunimmt. Nur wenige Vpn halten die Geschwindigkeit der Lernphase bei. Bei den anderen Vpn ist die

durchschnittliche Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Lern- und Testphase am höchsten bei Tempo 10 U und am kleinsten bei Tempo 20 U; davon ausgenommen scheint der Versuch bei Geschw. 10 U der Versuchsserie 1. Für die anderen Versuche darf man aber zusammenfassen:

Je höher die Spielgeschwindigkeit in der Lernphase ist, umso weniger besteht ein Bedürfnis nach Tempobeschleunigung in der Testphase. Im Sinne unserer Versuchsanordnung ist also die zeitliche Wiedergabe bei Tempo 20 U am exaktesten, da hier zwischen Lern- und Testphase die kleinste Differenz besteht.

Daraus kann man folgende Schlußfolgerung ziehen:

S p i e l g e s c h w i n d i g k e i t e n werden nicht in allen Tempobereichen gleich gut reproduziert. Wir fanden Geschwindigkeitsbereiche, die annähernd genau erfaßt werden und andere, in denen die Wiedergabe beschleunigt ist.

Verlangsamung in der Testphase konnten wir in unseren Geschwindigkeitsbereichen nicht feststellen.

Ähnliche Ergebnisse fand KÜNNAPAS beim Studium rhythmischer Schlagfolgen, bei deren Reproduktion durch Klopfen er ebenso Geschwindigkeitsbereiche verlangsamter, exakter und beschleunigter Wiedergabe fand (nach KATZ, 1948, S. 118 ff).

Welche Bedingungen könnten unsere Teilnehmer der Versuchsserie 1 mit der Geschwindigkeit 10 U veranlaßt haben, in der Lernphase zwar weit schneller, in der Testphase aber etwas langsamer als die anderen Vpn zu spielen?

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir den Lernvorgang noch näher betrachten: diese Vpn spielen schon in der Lernphase nicht mehr die gebotene Geschwindigkeit; infolge der raschen Aneignung der Lichtfolgen kommt es bei ihnen auch zur vorzeitigen Stabilisierung der Geschwindigkeit. Deshalb vollziehen sie in der Testphase keinen Geschwindigkeitswechsel mehr, denn den Beginn der Testphase verlegten sie in die Lernphase vor. Eine derartige Vorwegnahme der Testphase bereitet dem überwiegenden Teil der Vpn Konflikte mit den Lichtfolgen.

Durch diese Vpn wurden wir an einen Versuch von VINCE (1953) erinnert, den ULICH zusammenfaßte:

"In einem Lichtschirm war ein Schlitz von 15 cm Länge und 1,5 mm Breite enthalten, hinter dem ein beweglicher weißer Papierstreifen mit aufgezeichneten schwarzen Kreisen angebracht war. Bei Bewegen des Papierstreifens von rechts nach links erschienen die Kreise jeweils in Abständen von 1 sec. im Schlitz, um dann wieder zu verschwinden. Dabei konnten sie an jeder möglichen Stelle des Schlitzes (oben - Mitte - unten) erscheinen, und die Vpn hatten die Aufgabe, mit einem Bleistift von einem Kreis zum anderen eine Linie zu ziehen. Es wurde ihnen nicht mitgeteilt, daß die Kreise in einem sich wiederholenden Muster von jeweils 24 Positionen angeordnet waren, in dem nach jeweils vier Kreisen die allgemeine Richtung geändert wurde (mehr nach oben - mehr nach unten). Es war ihnen also überlassen, das Muster selbst herauszufinden. Es wurden acht Versuchsreihen mit je vier Durchgängen durchgeführt, wobei nach jeder Versuchsreihe das Muster an einer anderen Stelle begann. Ebenfalls nach jeder Versuchsreihe wurden die Vpn nach den Ergebnissen der Selbstbeobachtung befragt; am Ende des gesamten Versuches wurden sie aufgefordert, das Muster aufzuzeichnen."
(ULICH, 1964, S. 331).

VINCE unterschied bei seinen Vpn drei Stadien: abwartende und voraussagende Antworten und zutreffende Vorwegnahme (nach ULICH, 1964, S. 331). Dieses letzte Stadium scheinen unsere genannten Vpn

erreicht zu haben: sie haben den Rhythmus in der Lernphase schon für sich erfaßt und reproduzieren ihn in einer Geschwindigkeit, die erst der Reproduktionsphase (Testphase) zusteht.

Die eigentliche Ursache für das beschleunigte Spiel in der Lernphase und die damit verbundenen Konflikte erblicken wir in einem Einfluß des vorangegangenen schnelleren Spontanversuchs.

Diesen Zusammenhang kann man dann in folgender Weise etwas allgemeiner fasser: zwischen beiden Versuchsmethoden kam eine Übertragung zustande; ein schnellerer Rhythmus veranlaßte einen nachfolgenden langsameren zur Beschleunigung.

Damit können wir jetzt die Ergebnisse der Geschwindigkeitsbetrachtung noch zusammenfassender verallgemeinern:
In unseren Versuchen beeinflusste eine Bewegung eine später folgende Bewegung in der Wahl der Spielgeschwindigkeit in ihrem Sinn.

c) Die Triolenstruktur beim Spontanspiel

Wenn eine Vp alle Taktteile gleich lang spielt, dann ist sie im Sinne der physikalischen Zeitauffassung eine "ideale" Versuchsperson.

In Wirklichkeit tritt dieser Fall nicht so häufig ein, da die meisten Vpn die Triolenteile unterschiedlich lang spielen. Auch in unseren Versuchen ergaben sich verschiedene zeitliche Größenverhältnisse, die wir versuchsweise in "Triolenstrukturen" oder auch "Triolentypen"[1] einzuteilen versuchen.

1) Wir verwenden den Begriff "Typus" in einer nicht üblichen Weise, da wir kein Kriterium für die Typisierung angeben können. Typ bedeutet in unserem Sprachgebrauch nichts anderes als eine Spielart aus einer endlichen Anzahl von Möglichkeiten, die sich ergeben, wenn man drei gleiche oder ungleiche Teile miteinander kombiniert.

Tabelle 3 zeigt die Strukturen mit den beobachteten Häufigkeiten.

In der Zusammenfassung haben wir einerseits alle 3 Triolenteile berücksichtigt, andererseits haben wir die Versuche auch nach einzelnen wichtigen Längenmerkmalen nochmals zusammengestellt.

Tabelle 3: Die Triolenstrukturen bei den Spontanversuchen der Versuchsserien I und II

Typus-bez.	Längenverh. d. Triolen	anschauliche Darstellung d. Längenverhältnisse	Beob. Häuf.	weitere Zusammenfs. v. Merkm.	beobachtete Häufigk. für: $b \geq a$	$a \geq c$	$b \geq a \geq c$
1	$a<b<c$		5		5		
2	$a<c<b$		3		3		
3	$a<b=c$		1	$b \geq a$	1		
4	$a=b<c$		1		1		
5	$b>a>c$		8		8	8	8
6	$a=b>c$		–	$b \geq a \geq c$	–	–	–
7	$a=c<b$		6		6	6	6
8	$a=b=c$		6		6	6	6
9	$a=c>b$		–	$a \geq c$		–	
10	$b<c<a$		1			1	
11	$a>b=c$		–			–	
12	$a>b>c$		1			1	
13	$c>a>b$		–				

Erläuterungen: Es bedeuten: a = 1. Triolenteil
b = 2. Triolenteil
c = 3. Triolenteil

32 Vpn

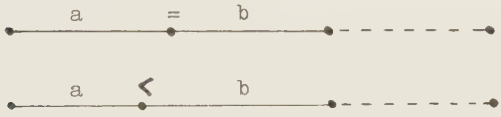
30 | 22 | 20 von je 32 Vpn

Tabelle 3 zeigt, daß die Vpn nicht alle Strukturen gleich häufig bevorzugen: es finden sich Strukturen, die oft und andere, die gar nicht oder nur selten gespielt werden.

Die zahlreichen verschiedenen Längenverhältnisse kann man jedoch wieder unter folgenden Längenmerkmalen zusammenfassen:

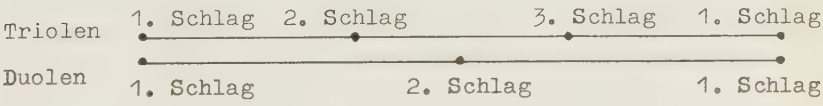
1. Das Strukturmerkmal $b \geq a$

Bei insgesamt 30 von 32 Vpn dauert also der zweite Triolenteil gleich lang oder länger als der erste Triolenteil. Das bedeutet, daß die mittlere Triole am längsten ausgedehnt wird.



Wie kann man sich diese Erscheinung erklären?

In unseren Versuchen spielen die Vpn nicht nur Triolen, sondern auch Duolen- und zwar in einer Weise, daß der zweite Duolenschlag in die Zeit des zweiten Triolenteils fällt.



Da in diesem Falle die Reize homogen sind (nämlich Lichtsignale), finden wir gute Voraussetzungen, daß sich beide

Lichtfolgen zu einer einzigen Ordnung integrieren und sich so gegenseitig beeinflussen.

Andererseits ist von der Wahrnehmung von Zeitstrecken bekannt, daß eine geteilte Strecke länger erscheint als eine unterteilte. (FRAISSE, 1963, S. 76) Dieselbe Beobachtung kann man auch bei der Wahrnehmung von Zeitstrecken machen:

"Die unterteilten (mit diskontinuierlichen Reizen ausgefüllten) Intervalle erscheinen länger als ein leeres Intervall von gleicher Dauer, und die Wirkung ist umso größer, je größer die relative Zahl der eingeschobenen Reize wird." (FRAISSE, 1966, S. 668)

Dasselbe Prinzip vermuten wir bei der Dehnung des zweiten Triolenteils in unseren Versuchen; die Annahme liegt sehr nahe, denn wir haben sozusagen eine Zeitschätzung mit einem Reproduktionsverfahren durchführen lassen.

2. Das Strukturmerkmal $a \geq c$

22 von 32 Vpn spielten den ersten Triolenteil gleich oder länger als den letzten:

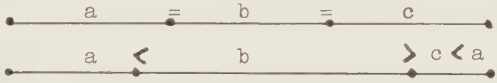
Die Verlängerung des ersten Teils ist wohl eine Folge der Betonung, die man oft dann antrifft, wenn man über längere Zeit immer wieder die gleiche Folge spielt; durch die Betonung kommt ja auch der Rhythmus in eine fortlaufende Bewegungsfolge.

In welchen Fällen ist aber der Teil c größer als a und b? Bei der Triolenstruktur 1 ($a < b < c$) finden wir immerhin noch 5 Vpn, die sich dafür entschieden haben. Diese

Form ist in der Musik und beim Tanz sehr beliebt; ebenso wie man den ersten Teil, so kann man auch den letzten Teil besonders betonen und hervorheben.

3. Das Strukturmerkmal $b \geq a \geq c$

Von 32 Vpn brachten in ihrem Spiel 20 Personen gleichzeitig diese Merkmale: 63 % aller Versuchsteilnehmer stimmen demnach überein, daß sie alle drei Teile gleich lang oder $b \geq a \geq c$ spielen.



Nun wird man sich fragen: gibt es vielleicht doch Unterschiede zwischen den Versuchsserien I und II bei der Wahl der Strukturen?

In Tabelle 4 versuchten wir, darauf eine Antwort zu geben.

Tabelle 4: Die Prozentanteile der drei Strukturmerkmale bei den Spontanversuchen der Versuchsserien I und II.

	Strukturmerkmale			
	$b \geq a$	$a \geq c$	$b \geq a \geq c$	
Serie I	91,4%	65,2%	56,6 %	von jeweils 23 Vpn
Serie II	93,6%	68,6%	62,2 %	von jeweils 9 Vpn

Danach kann man keinen bedeutsamen Unterschied zwischen beiden Versuchsserien hinsichtlich einer Bevorzugung eines Hauptmerkmals finden.

d) Die Triolenstruktur bei den Lampenversuchen

Wie verhalten sich die Taktteillängen zueinander in der Lern - und Testphase?

Aufgrund der vorgegebenen gleichen Triolenlängen ist zu erwarten, daß in der Lernphase die tatsächlich gespielten Triolenteile etwa alle gleich lang sind. Dies hat sich in unseren Versuchen auch bei fast allen Versuchen bestätigt.

Anders jedoch verhält es sich mit der Testphase. Wir haben deshalb versucht, die Ergebnisse der Testphase in der folgenden Tabelle 5 darzustellen.

Tabelle 5: Die Triolenstrukturen bei den Versuchen der Testphase der Versuchsserien I, II und III

Typus-bez.	Längenverh. d. Triolen	beobachtete Häufigkeiten						Zus.fs.		Strukturmerkm.		
			Serie I			Serie II	III	abs.	%			
		10U	15 U	20 U	10 U	15 U	10 U			b≥a	a≥c	b≥a≥
1	a<b<c		1	1		1		3	9,1	3		
2	a<c<b			1	2			3	9,1	3		
3	a<b=c											
4	a=b<c											
5	b>a>c	2	2	3	4	1	2	14	42,4	14	14	14
6	a=b>c	1						1	3,0	1	1	1
7	a=c<b		1	1	2	1		5	15,2	5	5	5
8	a=b=c	1						1	3,0	1	1	1
9	a=c>b						1	1	3,0		1	
10	b<c<a					1		1	3,0		1	
11	a>b=c			1				1	3,0		1	
12	a>b>c					1	1	2	6,1		2	
13	c>a>b	1						1	3,0			
Zusammen:		5	4	7	8	5	4	33	100%	27	26	21
										von je 33 Vpn		

Welche Hauptmerkmale der Triolenstruktur sind in den Testphasen der Lampenversuche zu finden?

Darauf gibt Tabelle 6 eine Antwort:

Tabelle 6: Die absoluten Anzahlen und prozentualen Anteile der drei Strukturmerkmale bei den Lampenversuchen der Versuchsserien I, II und III (Testphasen)

	Strukturmerkmale			
	$b \geq a$	$a \geq c$	$b \geq a \geq c$	
absolut	27 Vpn	26 Vpn	21 Vpn	v. jew. 32 Vpn
prozentual	82 %	79 %	64 %	32 Vpn = 100 %

Dieses Ergebnis scheint uns sehr bedeutungsvoll, da wir zunächst erwartet haben, daß in der Testphase die Triolenlängen nicht mehr so unterschiedlich sein würden, weil ja in der vorangegangenen Lernphase gleich lange Zeiten zur Wiederholung geboten wurden.

Zur weiteren Erläuterung scheint es uns angebracht, die Ergebnisse des Spontanversuchs zum Vergleich heranzuziehen.

e) Vergleich der Triolenstruktur bei den Spontanversuchen und Testphasen.

Gibt es in den beiden Versuchen etwa gleich hohe oder sehr verschieden hohe Prozentanteile an den Struktur-

merkmalen? In Tabelle 7 haben wir die Ergebnisse beider Versuche einander gegenübergestellt.

Tabelle 7: Die Prozentanteile der drei Strukturmerkmale bei den Spontanversuchen der Versuchsserien I, II und III; die Ergebnisse der Testphasen sind zum Vergleich nochmals dargestellt.

	Strukturmerkmale			
	b ≧ a	a ≧ c	b ≧ a ≧ c	
Spontanvers.	94 %	69 %	62 %	v. je 32 Vpn = 100 %
Testphasen	82 %	79 %	64 %	v. je 33 Vpn = 100 %

Wir finden folglich in beiden Versuchsarten über 60 % der Versuche, welche den beiden Strukturmale (b ≧ a ≧ c) gleichzeitig genügen.

Bis jetzt haben wir zwei Spielarten insgesamt miteinander verglichen. Wir wissen aber noch nicht, wie diese Übereinstimmung zustande kommt. Spielen dieselben Vpn auch bei der zweiten Spielart eine ähnliche Triolenstruktur wie bei der ersten?

In der Tabelle 8 sind alle Versuchspersonen der Versuchsserie I aufgeführt mit ihrem jeweiligen Triolentyp (vgl. dazu die Typusbezeichnung der Tabelle 3, Seite 38); dazu ist noch vermerkt, ob die beiden Versuche in einem der drei Hauptmerkmale übereinstimmen.

Tabelle 8: Die intraindividuelle Übereinstimmung in der Triolenstruktur insgesamt oder in einem wichtigen Strukturmerkmal; dabei wurde immer der Spontanversuch mit der Testphase verglichen.
Erläuterung der Triolentypen: Seite 38

Nummern der Vers.	Triolentyp in Spontanversuch	Triolentyp in der Testphase	Übereinstimmung zwischen Spontanversuch u. Testphase für: Typ	b ≥ a	a ≥ c	b ≥ a ≥ c
1 – 2	10	5	–	–	+	–
5 – 6	7	6	–	+	+	+
7 – 8	5	5	+	+	+	+
9 – 10	1	13	–	–	–	–
11 – 12	5	8	–	+	+	+
13 – 14	5	5	+	+	+	+
15 – 16	5	5	+	+	+	+
19 – 20	5	1	–	+	–	–
21 – 22	5	7	–	+	+	+
3 – 4	5	5	+	+	+	+
27 – 28	3	1	–	+	–	–
29 – 30	7	2	–	+	–	–
31 – 32	5	5	+	+	+	+
35 – 36	4	11	–	–	–	–
37 – 38	1	7	–	+	–	–
39 – 40	2	5	–	+	–	–
16 Vergleiche			5 +	13 +	9 +	8 +
			bei jeweils 16 Vergleichen			

Nach Auskunft der Tabelle 8 gibt es in 5 von 16 Fällen eine volle Übereinstimmung zwischen Spontanspiel und Testphase. Eine Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ist hierbei nicht zu beobachten; dafür scheint es umso beachtenswerter, daß es sich bei den Übereinstimmungen durchgehend um den gleichen Triolentyp handelt, nämlich Typus 5 (b > a > c).

Greift man wieder wichtige Strukturmerkmale heraus, dann finden wir jedoch noch weitere Übereinstimmungen der beiden Versuchsreihen: Tabelle 9 gibt darüber einen Überblick.

Tabelle 9: Die Übereinstimmungen in den relativen Häufigkeiten des Spontanversuches und der Testphase bezüglich der drei Strukturmerkmale.

Strukturmerkmale	in %	
b $\geq$ a	81 %	von 16 Vpn = 100 %
a $\geq$ c	56 %	von 16 Vpn = 100 %
b $\geq$ a $\geq$ c	50 %	von 16 Vpn = 100 %

Wie schon in den vorangegangenen Vergleichen ist auch hier der Anteil b $\geq$ a am höchsten. Und immer noch 50 % erfüllen beide Male die Bedingung b $\geq$ a $\geq$ c .

Bis hierher darf man also so zusammenfassen:
Sowohl beim Spontanversuch, als auch in der Testphase des Lampenversuchs spielen jeweils mindestens 50 % aller Vpn eine Triolenstruktur, die in den beiden Hauptmerkmalen b $\geq$ a $\geq$ c übereinstimmen.

Diese erstaunlich hohe Übereinstimmung konnten wir auch dann noch finden, wenn wir die einzelnen Vpn hinsichtlich einer Übereinstimmung der Triolenstruktur in Spontan-

versuch und Testphase betrachteten.

Damit dürfte auch erwiesen sein, daß der hohe Grad an Übereinstimmung bei dem vorangegangenen Vergleich (Spontanversuch - Testphase) entscheidend durch die intraindividuelle Konstanz der Struktur zustandegekommen ist.

f) Weitere Erörterung der Ergebnisse

Während wir bis jetzt die Triolen in ihren strukturellen Aufbaumöglichkeiten untersucht haben, bleibt jetzt noch die Frage: warum spielen unsere Versuchsteilnehmer nicht einfach alle Teile gleich lang?

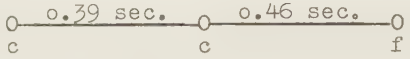
Darauf könnte man eine recht naheliegende Antwort zu geben versuchen : Die Zeitauffassung selbst gestatte eben keine identische Wiedergabe von physikalisch gleichen Dauern. Dabei muß man jedoch bedenken, daß die "Ungenauigkeit" der Zeitauffassung nicht beliebig groß ist, sondern sich in ganz bestimmten Grenzen hält; eine Dauer von 5 sec. kann z.B. durchaus von der mit 2 sec unterschieden werden; ebenso wird eine Strecke von 5 sec Dauer in den meisten Fällen annähernd richtig reproduziert. Für die Genauigkeit einer Wiedergabe ist auch von entscheidender Bedeutung, wie die Zeiten reizmäßig dargeboten wurden (optisch, haptisch oder akustisch).

Für unsere Versuche steht jedoch fest, daß die Unterschiede in den Längen häufig zu groß sind, um allein und hauptsächlich mit Hilfe der Zeitauffassung erklärt zu werden.

Es gibt u.E. eine noch gewichtigere Bedingung für die unterschiedlichen Längen:

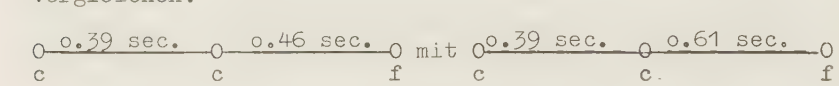
STERZINGER untersuchte schon 1915 den Einfluß der Intervallänge auf die Gefälligkeit und den Charakter eines Rhythmus'.

Er bot seinen Vpn 3 Töne, von denen zwei dieselbe Tonlage einnahmen, z.B. c - c - f; dabei variierte er die Länge der Intervalle nach folgendem Muster:



Das Intervall c-c blieb in einem Versuch konstant, c-f wurde in der Länge variiert.

Dann ließ er immer zwei solche Intervalle miteinander vergleichen:



dabei fragte er seine Vpn folgendes:
"Welches Intervall ist natürlicher und deutlicher ausgeprägt?
Welcher der beiden ist der natürlichere Rhythmus?"

In einer zweiten Versuchsreihe fragte er seine Vpn:
"Welches Intervall erscheint Ihnen als gefälliger?"

STERZINGER fand, daß die gefälligen Intervalle nicht gleichabständig sind, sondern in seinen Versuchen etwa im Verhältnis 0.39 sec : 0.46 sec zueinander standen.

"Bei 3 Klängen verlangt der akzenttragende Endton zwischen sich und seinem Nachbarn eine relativ größere Zwischenzeit, um natürlich zu wirken: die natürliche Pause." (STERZINGER, 1915, S. 124)

Er stellte weiter fest, daß der Grad der rhythmischen Ausprägung sehr deutlich mit dem Grad der Gefälligkeit einhergeht.

Obwohl wir in unseren Versuchen nicht in erster Linie die Pausen untersuchten, fanden wir dennoch rhythmische Ausprägungen verschiedener Art, die wir Strukturen oder Typen nannten.

STERZINGER berichtet ebenfalls von solchen Strukturen: "Bietet man 3 Töne, dann hören die wenigsten reine Anapäste oder Daktylen (er experimentierte nicht mit gleich langen Intervallen, d. Verf.); oft kommen die Formen vor: – – ⏑, ⏑ – –, ⏑ ⏑ –, – ⏑ ⏑, ⏑ – ⏑ (STERZINGER, 1915, S. 85)

Aufgrund dieser Befunde können wir eine Zusammenschau versuchen:
Während STERZINGERs Vpn verschiedene Rhythmusformen und Intervallängen in ihrer Gefälligkeit und Ausprägung verschieden erlebt haben, brachten unsere Vpn solche Rhythmisierungen beim Spiel selbst.

Dabei sollte man zusätzlich in Erinnerung rufen, daß unsere Vpn die Triolenschläge auch akustisch wahrnahmen konnten.

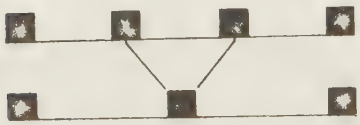
Diese Rhythmisierungen sind wahrscheinlich funktional eng verbunden mit einem Gefälligkeitserlebnis; die Versuchspersonen folgten in unserem Fall bei der Rhythmisierung demselben Prinzip, das die Vpn STERZINGERs Wohlgefälligkeit erleben ließ. Und ebenso, wie es eine "natürliche Pause" zu geben scheint, so finden wir eine Art "natürliche Struktur" von Triolen.

Nur noch andeutend möchten wir erwähnen, daß wir vermuten, daß die Triolenstruktur (ebenso ihre subjektive Gefälligkeit) nicht ein für allemal festgelegt ist; in unserem Versuch wird sie bestimmt entscheidend mitgeformt durch die Gleichzeitigkeit der Duolenschläge.

g) Die zeitlichen Verhältnisse bei den Duolen

Bis jetzt haben wir immer nur von den zeitlichen Verhältnissen bei den Triolen gesprochen. Wie aber steht es um die Duolenlängen?

Diese Frage können wir für beinahe sämtliche Versuche so beantworten: Im Durchschnitt werden beide Duolen etwa gleich lang gespielt; typische Längenverteilungen, wie bei den Triolen, haben wir nicht festgestellt. Diese Zweiteilung der Duolen erklären wir uns folgendermaßen: Die erste Duole beginnt immer mit der ersten Triole; die zweite Duole beginnt immer zwischen dem zweiten und dritten Triolenteil, wobei diese Dreiheit zu der schon erwähnten Gestaltbildung und Zweiteilung kommt.



Und weil in den meisten Fällen der zweite Triolenteil am längsten ist, kann es zu keinem bedeutenden Längenunterschied bei den Duolenhälften kommen.

Der zweite Duolenschlag folgt nämlich in der Mitte des zweiten Triolenteils. Ist der zweite Triolenteil kurz,

dann erfolgt der Triolenschlag früher, und damit wird der 1. Duolenteil kürzer als der zweite.
Fällt der zweite Triolenteil lang aus, dann verschiebt sich der zweite Duolenschlag gegen die Mitte.

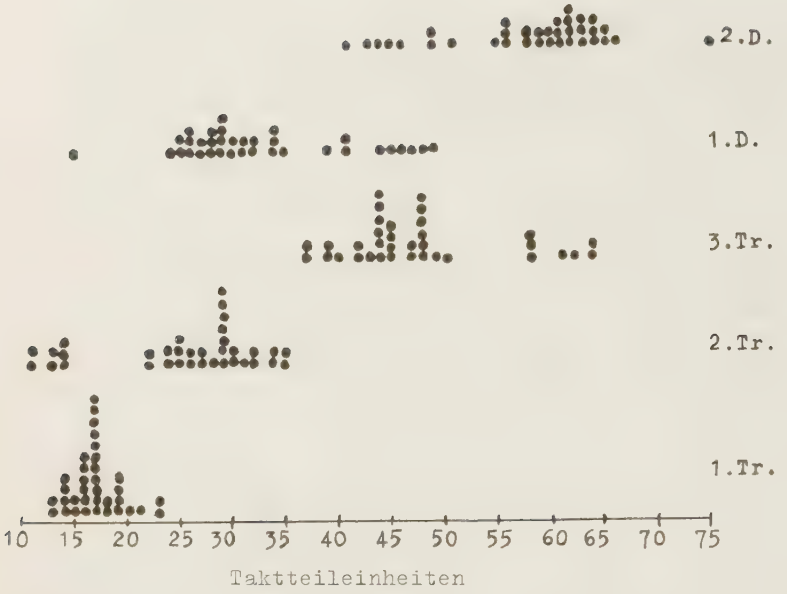
Bei folgendem Typus kommt es eher zu einer Verschiebung: a<b<c (Typ 1).
In unseren Versuchen spielt z.B. die Vp 37 folgende Taktstruktur:

h) Die Stabilität der Taktstrukturen

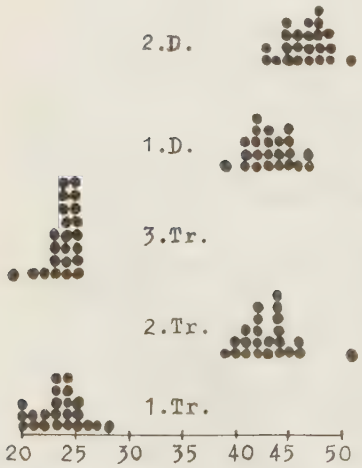
Nachdem wir bis hierher die Struktur der Triolen und Duolen für sich getrennt und nur bei den ersten 10 Takten betrachtet haben, wenden wir in dem folgenden Abschnitt die Aufmerksamkeit auf die Gesamtstruktur der Takte über eine längere Zeitdauer.

Dabei interessiert uns die Frage, wie sich diese Taktstrukturen bei den einzelnen Versuchspersonen im Laufe des Spiels verhalten. Bei der Beantwortung dieser Frage bedienen wir uns folgender anschaulicher Darstellung:

Wir entnahmen den Listen mit den transformierten Taktlängen die Werte für die 5 Taktteile und bildeten daraus immer 5 verschiedene Häufigkeitsdarstellungen für die relativen Taktteillängen.

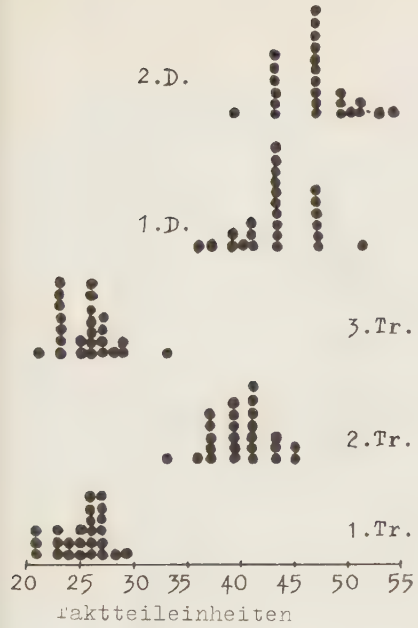


Versuchsperson 37, Spontanversuch,
35 Takte

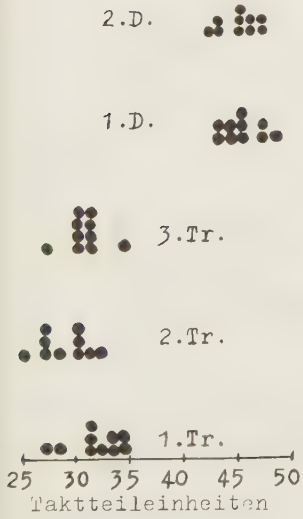


Versuchsperson 37, Testphase,
23 Takte

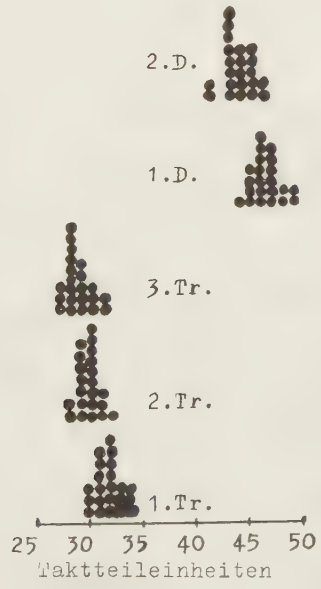
Abbildung 12 a: Häufigkeitsdarstellungen der einzelnen Taktteillängen; die Taktteile wurden nach dem auf Seite 29 beschriebenen Verfahren auf die Einheitslänge 90 transformiert; über der entsprechenden Länge wurde jeder Taktteil als Punkt eingetragen.
Die Gesamtlänge 90 ist in unseren Abbildungen nicht vollständig dargestellt.
Zugehöriger Text: Seite 51, S. 56 ff.



Versuchsperson 5, Spontanversuch, 25 Takte

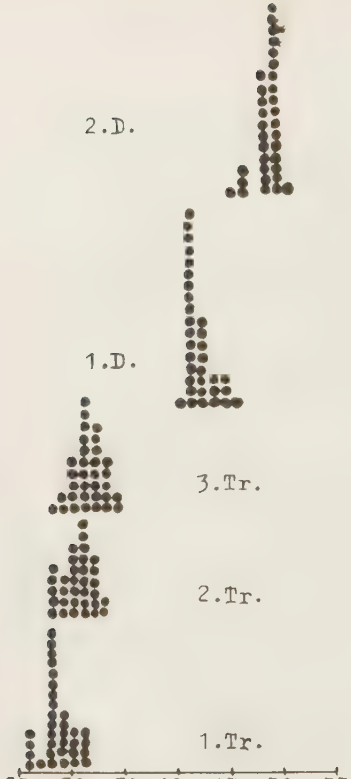


Versuchsperson 5, Lernphase, 10 Takte

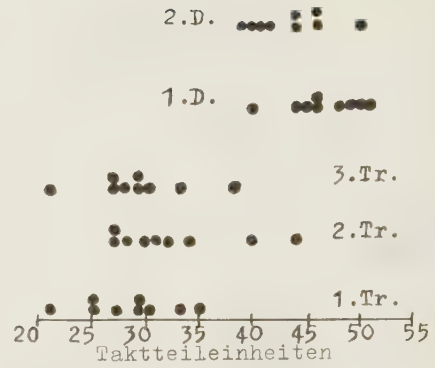


Versuchsperson 5, Testphase, 22 Takte

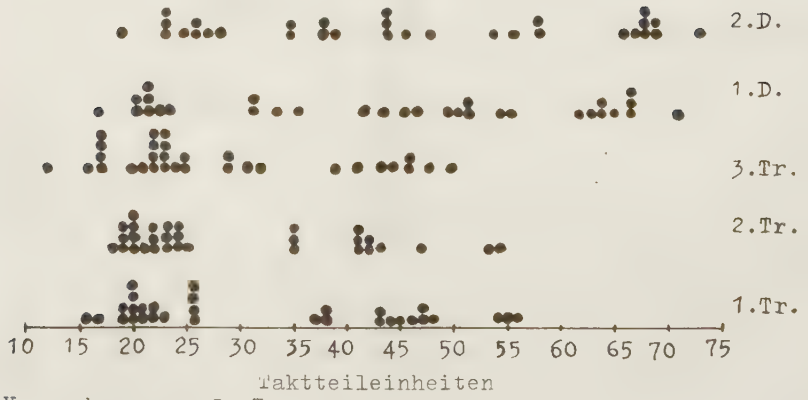
Abbildung 12 b: Häufigkeitsdarstellungen der einzelnen Taktteillängen; die Taktteile wurden nach dem auf Seite 29 beschriebenen Verfahren auf die Einheitslänge 90 transformiert.



Versuchsperson 51, Spontan-versuch, 33 Takte

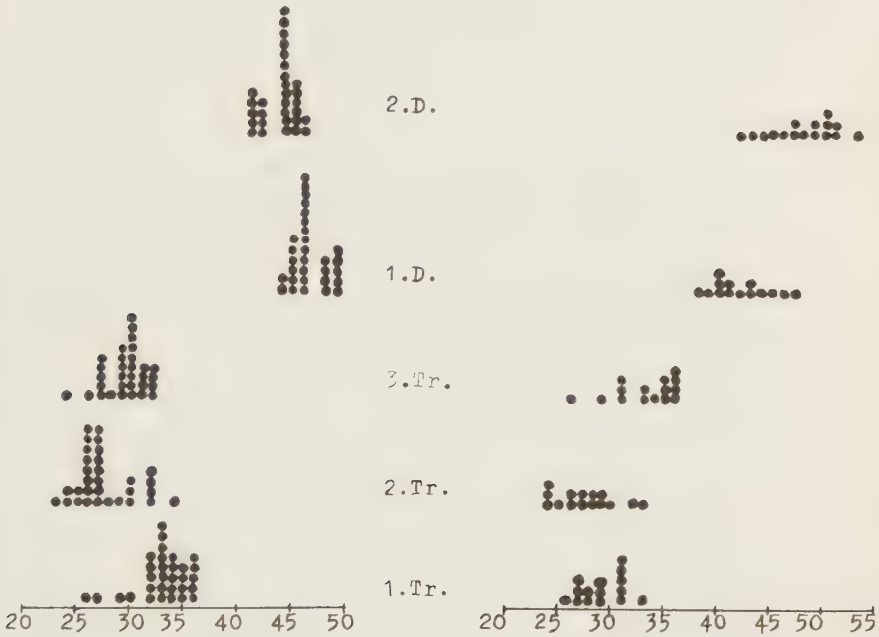


Versuchsperson S, Lernphase, 9 Takte



Versuchsperson 8, Testphase, 31 Takte

Abbildung 12c: vgl. Abbildung 12a,S.52



Versuchsperson 123, Testphase, 31 Takte

Versuchsperson 123, Lernphase, 15 Takte

Abbildung 12 d: vgl. die Erläuterungen der Abbildung 12 a, Seite 52.

Aus den abgebildeten Häufigkeitsdarstellungen erkennt man, daß die Taktstruktur in den allermeisten Fällen annähernd stabil bleibt; diese Feststellung gilt nicht nur für die angeführten Beispiele, sondern für die Mehrzahl der anderen Versuche in allen Geschwindigkeitsbereichen und über alle Versuchsarten hinweg.

Immer ist mit dieser Konstanz natürlicherweise eine gewisse Schwankung um einen mittleren Wert verbunden. Diese Schwankungen können dann auch so groß werden, daß keine gemeinsame Tendenz mehr in der zeitlichen Struktur sichtbar wird: in Versuch 8 auf Seite 54 haben wir ein Beispiel dafür.

Die Darstellungen zeigen weiterhin, wie verschieden und auch wie ähnlich die Taktstrukturen bei verschiedenen Vpn aufgebaut sein können. Dabei finden wir bei jeder Vp immer auch noch individuelle Eigenheiten, wie etwa die Dauer der Anschläge.

Wir können daraus folgende zusammenfassende Schlußfolgerung ziehen:

Die Vpn spielen in allen Versuchsarten eine Taktstruktur, die relativ stabil bleibt; diese Tatsache gilt ganz allgemein für den Großteil der Vpn. Individuell verschieden bleibt jedoch die Taktstruktur selbst; bei deren Gestaltung zeigt jeder Teilnehmer seine psychomotorischen Eigenheiten.

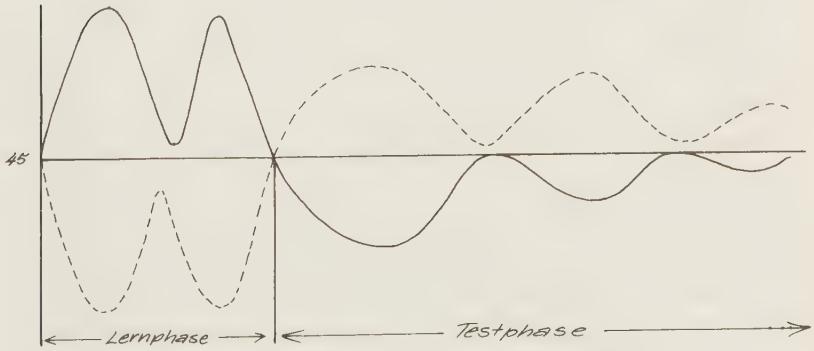
In diesem Abschnitt scheint uns noch eine andere Beobachtung bemerkenswert: die Veränderung von Taktstrukturen.

Hier finden wir grundsätzlich zwei verschiedene Gruppen von Vpn vor:

1. Einige wenige ändern die Taktstruktur von Takt zu Takt ganz abrupt; dieser Prozeß kann sich über die ganze Spieldauer erstrecken, so daß es hier zu keiner Stabilisierung kommt. (Vp 8, Abb.12c und 14)

2. Der Hauptteil der Vpn vollzieht Strukturänderungen jedoch allmählich; auf diese Weise kommt es zu sinusformigen Schwankungen der einzelnen Taktteillängen um einen bestimmten zentralen Wert. (Vp 123, Abb.12d und 13)

Im Falle der Vp Nr. 123 können wir zusätzlich feststellen, wie sich die Höhe der "Amplituden"[1] verringert und gegen Schluß des Spiels geradezu auf einen Wert einspielt - etwa nach folgendem Muster:



Dies bedeutet: die Stabilität der Taktstruktur nimmt mit dem Laufe der Zeit zu. Allerdings wird man hier bedenken müssen, daß unsere Vpn nur relativ kurze Zeit

---

1) Dieser Ausdruck ist natürlich nur sinnvoll im Hinblick auf den vorangegangenen Vergleich mit der Sinusschwingung.

gespielt haben (im Durchschnitt nicht mehr als 3 Minuten). Wir halten es für sehr wahrscheinlich, daß auch in unseren Versuchen bei längeren Spielzeiten eine Labilisierung der Taktstruktur eintreten würde.

Überhaupt schienen die Teilnahmer gerade bezüglich der Labilisierung und Stabilisierung einer motorischen Gestalt sehr bedeutende Unterschiede aufzuweisen. Dies zeigt sich deutlich in der Schwankungsbreite der Taktteillängen (vgl. obige Häufigkeitsdarstellungen). Unsere Vpn unterschieden sich deutlich in der Fähigkeit, Taktstrukturen über eine gewisse Zeit konstant beizubehalten. Als Beispiel erwähnen wir die Aussage eines Assistenten der Abteilung Musikerziehung, der über 150 Takte hinweg eine sehr stabile Struktur spielte und meinte, er könne das beliebig lange fortsetzen.

Eine Abhängigkeit der Stabilität von der Spielmethode konnten wir in unseren Versuchen nicht feststellen.

Wir fassen die bisherigen Erörterungen so zusammen:

Bewegungsanteile setzen sich gegenseitig ins Verhältnis, in-dem sie sich im Laufe der Spielzeit um einen bestimmten Wert herum einschwingen. Oft wird der Spielraum dieser Prozesse im Laufe der Zeit immer enger. Manchmal fanden wir auch den Sachverhalt, daß sich auf diese Weise ungleiche Triolenlängen in einen gleichen Wert einschwingen. Wir konnten keine Beziehung zwischen der Stabilität der Taktstruktur und der Spielart finden.

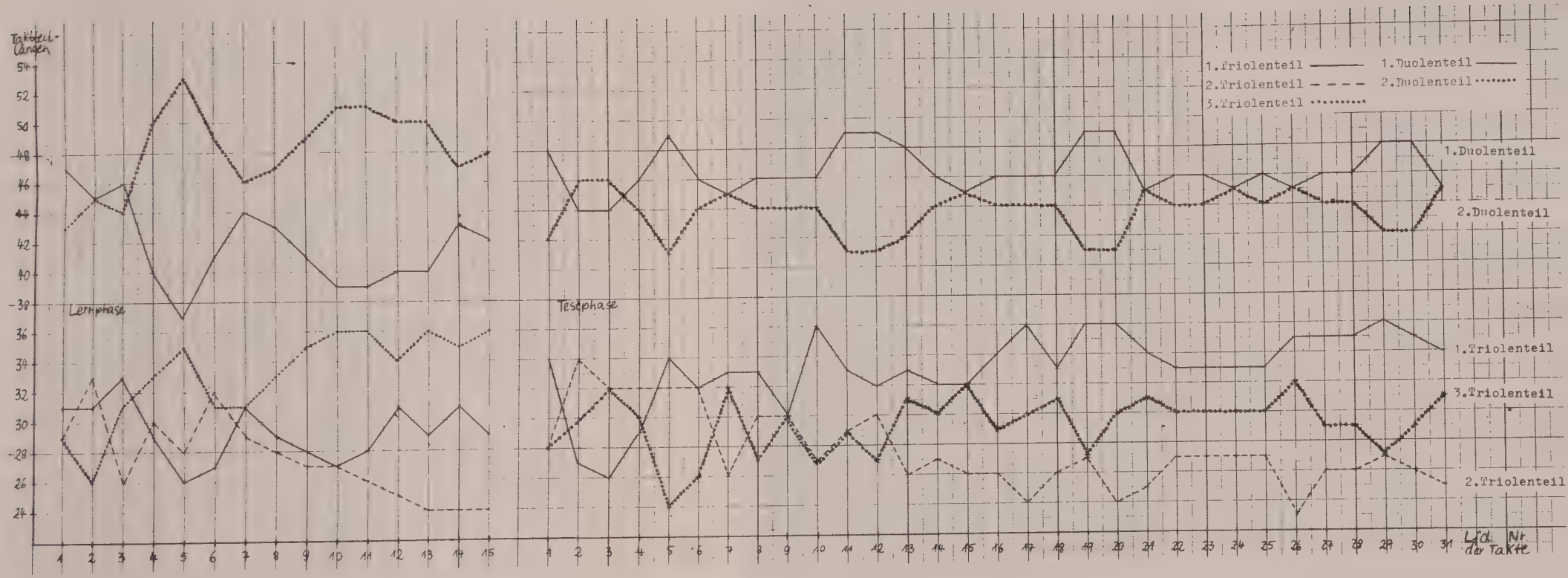
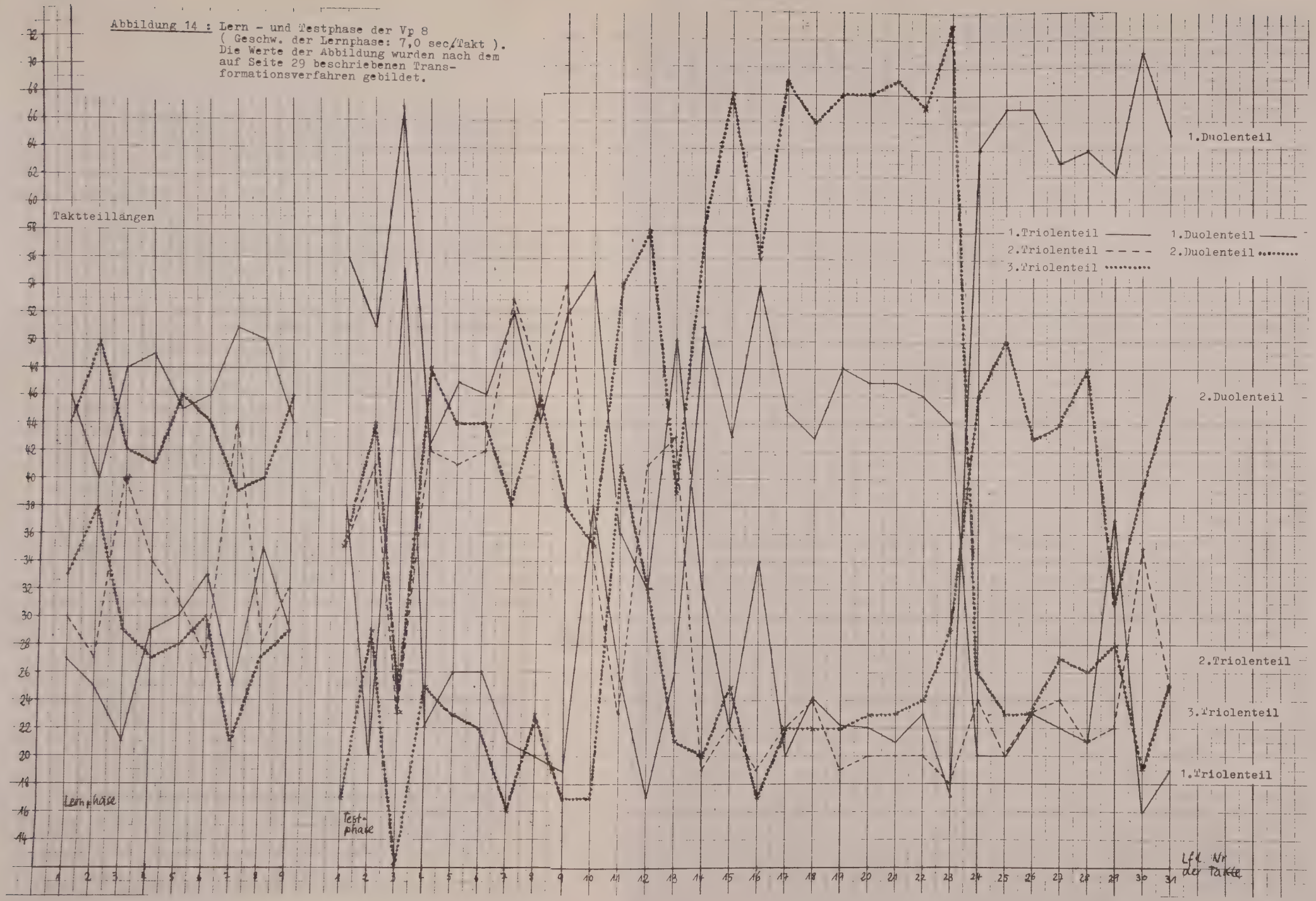


Abbildung 13 : Lern - und Testphase der Vp 123
(Geschw. der Lernphase: 2,5 sec/takt).
Die Werte der Abbildung wurden nach dem auf Seite 29 beschriebenen Transformationsverfahren gebildet.

Abbildung 14 : Lern - und Testphase der Vp 8
(Geschw. der Lernphase: 7,0 sec/Takt).
Die Werte der Abbildung wurden nach dem auf Seite 29 beschriebenen Transformationsverfahren gebildet.



8. Die dynamische Zuordnung von Taktteilen: Ergebnisse der korrelationsstatistischen Berechnungen.

a) Problem

Im vorangegangenen Abschnitt versuchten wir die Frage nach der Stabilität von Takt- oder Rhythmusstrukturen zu beantworten.

Dabei wurde deutlich, daß bei den allermeisten Vpn die Triolenstruktur während des Spiels konstant bleibt. Nur wenige Vpn variieren die Triolenstruktur mehrmals innerhalb einer Spielphase. (z.B. Vp 8, Seite 59) Neben diesen beiden Hauptergebnissen bleibt die Tatsache, daß die Strukturen nicht hundertprozentig ein für allemal starr sind, sondern von Takt zu Takt auch noch Schwankungen unterliegen - jedoch innerhalb der einmal gewählten Triolenstruktur. Die Struktur bleibt also trotz dieser Schwankungen als Rahmen erhalten.

Diese Veränderungen wollen wir im folgenden Teil in ihrer zeitlichen Zuordnung etwas genauer untersuchen und miteinander vergleichen. Damit erhoffen wir uns weitere Aufschlüsse über die gegenseitige dynamische Zuordnung der einzelnen Taktteile.

Ganz allgemein geht es um die Frage:
Wie beeinflussen sich zwei verschieden schnelle Fingerbewegungen bei vorgeschriebener Frequenzbeziehung?

b) Weiterverarbeitung der transformierten Taktlängen

Die transformierten Werte kann man für jede Vp in einer Abbildung übersichtlich machen, wie wir das schon in den Abbildungen 13 und 14 getan haben.

Auf diese Weise erhalten wir je fünf Punktreihen. Man erkennt an der Abbildung 13 schon, daß einige Reihen eher parallel zueinander verlaufen als andere.

Verliefen zwei Reihen hundertprozentig parallel, dann würde das für uns bedeuten: diese beiden Taktteile sind streng miteinander koordiniert. Wären beide Reihen hundertprozentig gegenläufig, dann hieße das: die beiden Reihen sind gegensinnig koordiniert.[1] Zwischen diesen beiden Extremen sind alle möglichen Grade von Koordination denkbar.

Da es aber als Gründen der Übersichtlichkeit nicht tunlich ist, alle Kurven zu zeichnen, müssen wir nach einem mathematischen Verfahren umschauen, das uns gestattet, den Koordinationsgrad zweier Taktteile über einen gewissen Zeitraum zu bestimmen.

Zur Berechnung des Parallelitätsgrades zweier gleichzeitiger Verläufe bietet sich der Koorelationskoeffizient nach PEARSON [2] an. Da wir in unserem Material auf relative Maße transformierte Meßwerte haben, scheint die Anwendung dieser Rechnungsart meßtechnisch vertretbar.

Wir gingen also jetzt an die Berechnung der Interkorrelation von insgesamt 5 Variablen[3], wobei die Variablen Duolenteil 1 und Duolenteil 2 als komplementäre Werte hundertprozentig negativ korrelieren (Verhältnisvariablen).

---

1) Beispiel: ist der eine Teil sehr lang, dann ist der zweite sehr kurz.

2) Im Anhang wird das Verfahren nach PEARSON dargestellt, Seite 132

3) Diese sind 1., 2. und 3. Triolenteil, sowie 1. und 2. Duolenteil.

Da wir von jeder Vp unterschiedlich viele Takte erhielten, konnten wir zu einem Vergleich nicht einfach alle Takte hinzuziehen. Deshalb entschieden wir uns für folgendes Vorgehen:

Wir errechneten die Interkorrelationen in Zehnerschritten jedesmal neu nach folgendem Muster:

1. Interkorrelationsmatrix von 5 Variablen für die Takte 1 - 10
2. Interkorrelationsmatrix von 5 Variablen für die Takte 1- 20
3. Interkorrelationsmatrix von 5 Variablen für die Takte 1 - 30

usw.

Auf diese Weise erhielten wir eine einigermaßen befriedigende Vergleichsbasis für alle Vpn[1)].

Insgesamt erhielten wir so für jede neue Berechnung 9 Korrelationskoeffizienten. Spielte eine Vp 40 Takte, dann ergab das schon 36 Korrelationen.

---

1) Dem Deutschen Rechenzentrum danke ich für die Bereitstellung des Rechners Typ IBM 7090/94, ebenso dem Rechenzentrum der Universität Münster (Typ IBM 360/50). Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Custos Dipl. Psych. Langheinrich für Programmierhilfen.

Tabelle 10 zeigt die Korrelationskoeffizienten einer Vp für die Takte 1 bis 30.

Tabelle 10 : Die Korrelationskoeffizienten von Versuchsnummer 11

Taktbereich	Verglichene Taktteile								
	1.Tr. 2.Tr.	1.Tr. 3.Tr.	1.Tr. 1.D.	1.Tr. 2.D.	2.Tr. 3.Tr.	2.Tr. 1.D.	2.Tr. 2.D.	3.Tr. 1.D.	3.Tr. 2.D.
Takt 1-10	-.95	.69	.88	-.88	-.88	-.98	.98	.94	-.94
Takt 1-20	-.89	.23	.80	-.80	-.64	-.95	.95	.67	-.67
Takt 1-30	-.77	-.10	.80	-.80	-.54	-.82	.82	.21	-.21

Erläuterungen: Tr = Triolenteil
D = Duolenteil

Es fällt auf, daß sich die einzelnen Beziehungen aus zwei Richtungen zusammensetzen:
während die einen Zuordnungen sehr hoch positiv korrelieren, tun das sie anderen in analoger Weiser in negativer Richtung.

In der folgenden Betrachtung werden wir deshalb prüfen, welche Taktteilbeziehungen positiv - und welche negativ aufeinander bezogen sind. Dazu kommt noch eine weitere Kategorie: die Nullkorrelation, wenn keine Beziehung vorhanden ist.

Bei der folgenden Darstellung und Erörterung von Seite 65 bis 78 beschränken wir uns auf die ersten 10 Takte.

c) Die Koordination bei den Spontanversuchen, Lern- und Testphasen.

Wir haben schon festgestellt, daß die einzelnen Taktteile positiv, negativ oder überhaupt nicht miteinander korrelieren.

Gibt es zwischen den Spontanversuchen und den beiden phasen der Lampenversuche bedeutsame Unterschiede in der Bevorzugung der soeben erwähnten Koordinationsrichtungen?

Gibt es bei den Spontanversuchen mehr negative Beziehungen, z.B. des ersten Triolen- und Duolenteils, als in den Versuchen der Testphase?

Um diese Frage zu beantworten, haben wir in der Tabelle 11 die absolute Anzahl der Versuche aufgeführt, die positiv, negativ oder überhaupt nicht miteinander korrelieren; das haben wir getan für die 9 Taktteilvergleiche aller drei Versuchsarten.

In der Tabelle 12 haben wir die Werte der Tabelle in Prozentanteile (von der Gesamtzahl) umgerechnet. Un in der Abbildung 15 sind die Prozentanteile der negativen Korrelation in Form von Polygonen dargestellt; da eine Nullkorrelation nur selten vorkommt, verhält sich der Anteil der positiven Korrelation beinahe komplementär zum Anteil der negativen Korrelationen. Aus diesem Grunde verzichten wir auf die Wiedergabe der positiven Korrelation in der Abbildung.

Tabelle 11 :

Die absolute Anzahl der Versuche, die positiv, negativ und überhaupt nicht bei den 9 Taktteilvergleichen miteinander korrelieren.
Zugehöriger Text: Seite 65

Verglichene Taktteile	Spontanversuche Korrelationen pos.	neg.	null	Zus.	Lernphase Korrelationen pos.	neg.	null	Zus.	Testphase Korrelationen pos.	neg.	null	Zus.
1. Triolenteil 2. Triolenteil	5	25	1	31	5	25	1	31	5	28		33
1. Triolenteil 3. Triolenteil	3	28		31	4	26	1	31	4	29		33
1. Triolent. 1. Duolent.	21	9	1	31	28	3		31	25	8		33
1. Triolent. 2. Duolent.	11	20		31	3	27	1	31	9	24		33
2. Triolent. 3. Triolent.	4	27		31	2	29		31	9	24		33
2. Triolent. 1. Duolent.	16	15		31	22	8	1	31	19	13	1	33
2. Triolent. 2. Duolent.	15	16		31	8	21	2	31	13	20		33
3. Triolent. 1. Duolent.	10	21		31	2	29		31	8	25		33
3. Triolent. 2. Duolent.	21	10		31	29	2		31	25	8		33

Tabelle 12 :

Prozentuale Verteilung der Versuche, die positiv, negativ und überhaupt nicht bei den 9 Taktteilvergleichen miteinander korrelieren.
Die Ergebnisse der Tabelle 11 liegen dieser Tabelle zugrunde.
Zugehöriger Text: Seite 65

Verglichene Taktteile	Spontanversuche Korrelationen Anteile in % pos.	neg.	null	Zus.	Lernphase Korrelationen Anteile in % pos.	neg.	null	Zus.	Testphase Korrelationen Anteile in % pos.	neg.	null	Zus.
1. Triolent. 2. Triolent.	16	81	3	100	16	81	3	100	15	85		100
1. Triolent. 3. Triolent.	10	90		100	13	84	3	100	12	88		100
1. Triolent. 1. Duolent.	71	29	3	100	90	10		100	76	24		100
1. Triolent. 2. Duolent.	36	64		100	10	87	3	100	27	73		100
2. Triolent. 3. Triolent.	13	87		100	6	94		100	27	73		100
2. Triolent. 1. Duolent.	52	48		100	38	59	3	100	59	38	3	100
2. Triolent. 2. Duolent.	48	52		100	26	68	6	100	38	62		100
3. Triolent. 1. Duolent.	32	68		100	6	94		100	24	76		100
3. Triolent. 2. Duolent.	68	32		100	94	6		100	76	24		100

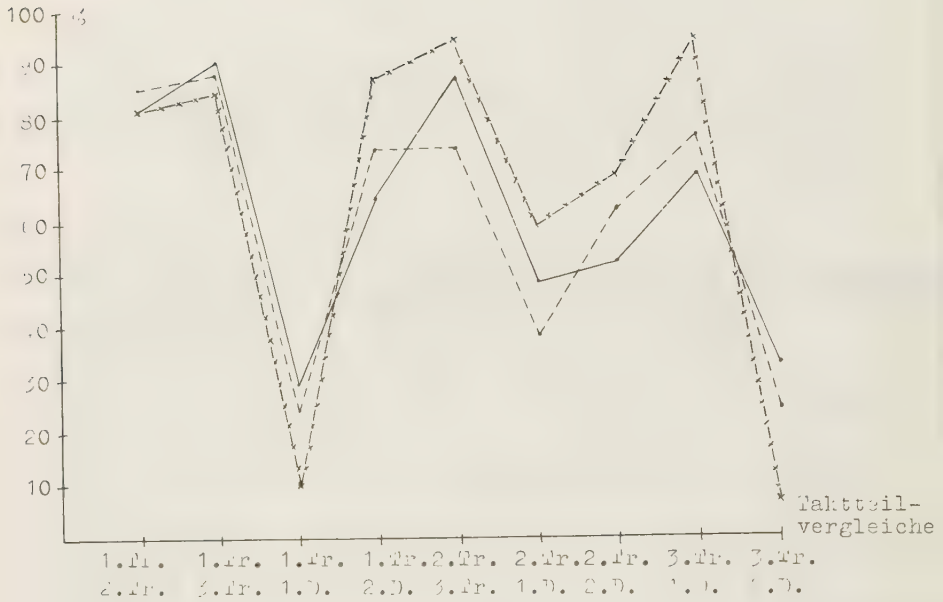


Abbildung 15 : Darstellung der Prozentanteile der negativen Korrelation in Form eines Polygons; die Abbildung enthält die Ergebnisse aller drei Versuchsarten.

Erläuterungen: Spontanversuch ————————
Lernphase —x—x—x—x—x—
Testphase — — — — — —

Aus der Abbildung 15 geht hervor:

1. Spontanversuch, Lern- und Testphase haben alle etwa einen gleich hohen Anteil der Koordinationsrichtungen.
2. Die einzelnen 9 Taktteilvergleiche unterscheiden sich in der Koordinationsrichtung teilweise sehr erheblich.

Eindeutig negativ koordiniert sind die Beziehungen:
1. und 2. Triolenteil,
1. und 3. Triolenteil,
2. und 3. Triolenteil,
1. Triolen- und 2. Duolenteil,
3. Triolen- und 1. Duolenteil.

Positiv sind dagegen einander zugeordnet:
1. Triolen- und 1. Duolenteil,
3. Triolen- und 2. Duolenteil.

Diese positive Beziehung ist hier das Ergebnis der zeitlichen Nachbarschaft.
Bei der Koordination des
2. Trolen- und 1. Duolenteils und des
2. Triolen- und 2. Duolenteils
verhalten sich die Vpn verschieden: während die eine Hälfte negative Zuordnung zeigt, spielt die andere Hälfte in positiver Zuordnung.

In diesem Ergebnis kommt die Mittelstellung des zweiten Triolenteils deutlich zum Ausdruck: man kann sie sowohl dem ersten-, als auch dem zweiten Teil zuschlagen.

d) Die Koordination bei den einzelnen Triolenstrukturen des Spontanversuchs.

Nach einer ersten orientierenden Übersicht über alle Versuche greifen wir nun die Spontanversuche für eine weitere Analyse heraus:

Gibt es zwischen den einzelnen Triolenstrukturen Unterschiede in der Koordinationsrichtung? Sind die Prozentanteile einer Richtung bei den Triolentypen sehr verschieden?

Tabelle 13 gestattet einen Überblick über die Prozentanteile der Koordinationsrichtungen für die 5 hauptsächlichen Strukturen. (27 von 32 Vpn)

Tabelle 13 : Prozentuale Verteilung der Versuche, die positiv, negativ und überhaupt nicht bei den 9 Taktteilvergleichen miteinander korrelieren.
In der Tab. sind nur die Spontanversuche enthalten.

Verglichene Taktteile	Triolentyp 1 a < b < c Korrelation Anteile in % pos.	neg.	Triolentyp 2 a < c < b Korrelation Anteile in % pos.	neg.	Triolentyp 5 b > a > c Korrelation Anteile in % pos.	neg.	Triolentyp 7 a = c < b Korrelation Anteile in % pos.	neg.	Null	Triolentyp a = b = c Korrelation Anteile in pos.	neg.
1. Triolent. 2. Triolent.	25	75	34	66	0	100	17	67	16	17	83
1. Triolent. 3. Triolent.	0	100	0	100	25	75	0	100		17	83
1. Triolent. 1. Duolent.	75	25	100	0	75	25	83	17		66	17
1. Triolent. 2. Duolent.	25	75	34	66	25	75	17	83		34	66
2. Triolent. 3. Triolent.	0	100	0	100	25	75	17	83		0	100
2. Triolent. 1. Duolent.	50	50	34	66	50	50	67	33		34	66
2. Triolent. 2. Duolent.	50	50	67	33	50	50	33	67		66	34
3. Triolent. 1. Duolent.	25	75	67	33	37	63	17	83		34	66
3. Triolent. 2. Duolent.	0	25	33	67	63	37	83	17		66	34
	4 Vpn = 100%		3 Vpn = 100%		8 Vpn = 100%		6 Vpn = 100 %			6 Vpn = 10	

Die Prozentwerte sind wieder analog zur Abbildung 15 in Polygonform in Abbildung 16 zusammengestellt.

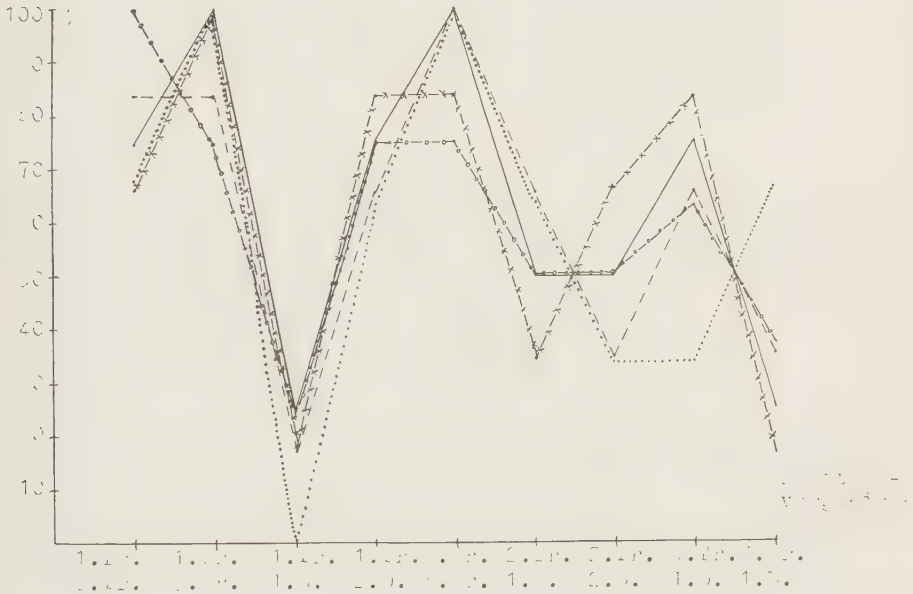


Abbildung 16 : Darstellung der Prozentanteile der negativen Korrelation in Polygonform; die Abbildung enthält die Spontanversuche, die nach Triolenstrukturen zusammengefaßt wurden.

Erläuterungen:
Triolentyp 1 ————————
Triolentyp 2 ••••••••••••••
Triolentyp 5 -·-·-·-·-·-·-
Triolentyp 7 -×-×-×-×-×-×-
Triolentyp 8 - - - - - - -

Die Polygone der Abbildung 16 zeigen einen ähnlichen Verlauf wie diejenigen der drei Versuchsarten insgesamt. Bei einigen Vergleichen ergeben sich jedoch verschieden hohe Prozentanteile der einzelnen Triolentypen; vor allem sind das die Vergleiche des 2. und 3. Triolenteils mit den beiden Duolenteilen.

e) Die Koordination bei einzelnen Triolenstrukturen der Versuche während der Testphase.

Nachdem wir oben der Koordinationsrichtung der Triolenstrukturen bei den Spontanversuchen nachgegangen sind, prüfen wir dieselbe Frage für die Versuche der Testphase.

In der Tabelle 14 sind die Prozentwerte der Koordinationsrichtungen (positiv, negativ, null) dargestellt.

Tabelle 14 : Prozentuale Verteilung der Versuche, die positiv, negativ und überhaupt nicht bei den 9 Taktteilvergleichen miteinander korrelieren.
In der Tabelle sind nur die Triolentypen der Testphase enthalten.

Verglichene Taktteile	Triolentyp 2 a < c < b Korrelation Anteile in % pos.	neg.	Triolentyp 5 b > a > c Korrelation Anteile in % pos.	neg.	Triolentyp 7 a = c < b Korrelation Anteile in % pos.	neg.
1. Triolent. 2. Triolent.	25	75	14	86	0	100
1. Triolent. 3. Triolent.	0	100	21	79	20	80
1. Triolent. 1. Duolent.	100	0	71	29	80	20
1. Triolent. 2. Duolent.	0	100	28	72	20	80
2. Triolent. 3. Triolent.	0	100	28	72	40	60
2. Triolent. 1. Duolent.	75	25	57	43	60	40
2. Triolent. 2. Duolent.	25	75	43	57	40	60
3. Triolent. 1. Duolent.	0	100	21	79	40	60
3. Triolent. 2. Duolent.	100	0	79	21	60	40
	4 Vpn = 100 %		14 Vpn = 100 %		5 Vpn = 100 %	

In der Abbildung 17 sind wieder die Prozentanteile der negativen Korrelation dargestellt.

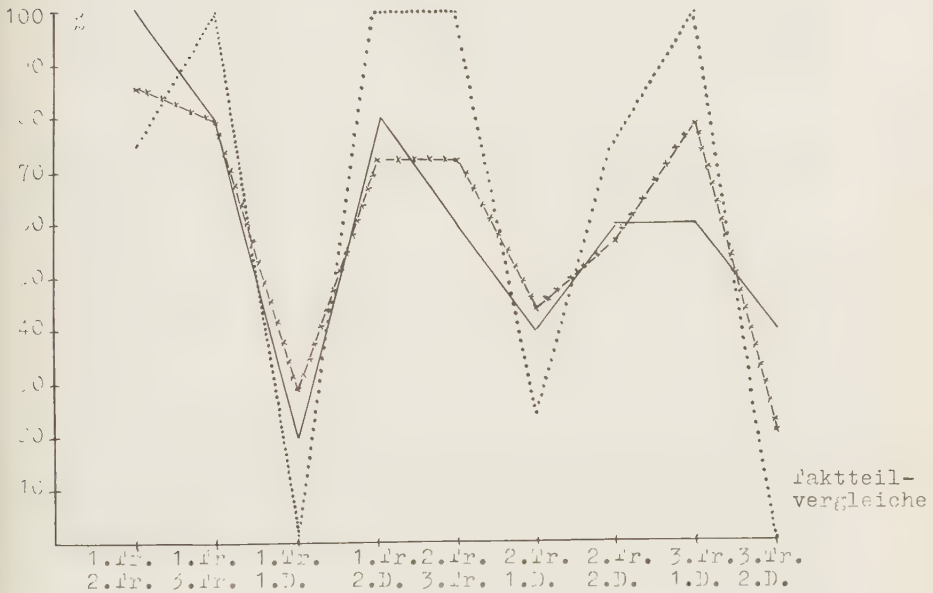


Abbildung 17 : Darstellung der Prozentanteile der negativen Korrelation in Polygonform; die Abbildung enthält die Spontanversuche, die nach Triolenstrukturen zusammengefaßt wurden.

Erläuterungen : Triolentyp 2 .....
Triolentyp 5 -x-x-x-x-
Triolentyp 7 ————

Aus der Abbildung geht hervor, daß die Prozentanteile der beiden Typen 5 und 7 bei den 9 Vergleichen annähernd gleich hoch sind; davon verschieden sind jedoch die Anteile des zweiten Typus'

Obwohl wir in unseren Vergleichen eine geringe Anzahl von Versuchen (insbesondere beim Triolentyp 2) vorweisen können, vermuten wir, daß die Ähnlichkeit der Anteile der beiden Triolen-typen 5 und 7 bedingt wird durch ihre gemeinsame Zugehörigkeit zur Triolenstruktur mit den Eigenschaften $b \geq a \geq c$.

f) Vergleich der Taktstrukturen der Testphase mit denen des Spontanversuchs im Hinblick auf die Koordinationsrichtung.

Angesichts der Ähnlichkeit der beiden Triolenstrukturen 5 und 7 im vorangegangenen Abschnitt, wollen wir dieser Frage noch weiter nachgehen.

Wenn unser Schluß allgemein gelten soll, daß identische Triolenstrukturen im Mittel auch identische Anteile der Koordinationsrichtungen zeigen, dann müßte sich das auch beim Vergleich der identischen Strukturen des Spontanversuchs und der Testphase erweisen.

Aus diesem Grunde haben wir die Prozentanteile der negativen Koordinationsrichtung den Tabellen 13 und 14 entnommen und diese in den Abbildungen 18 bis 20 dargestell

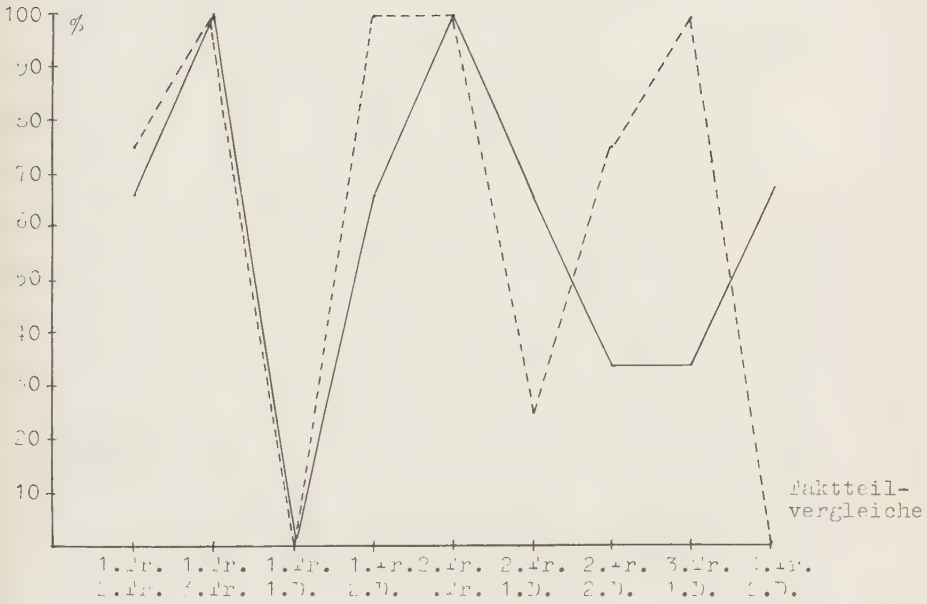


Abbildung 18 : Darstellung der Prozentanteile der negativen Korrelation in Polygonform; die Abbildung enthält die Ergebnisse des Triolentypus'2 des Spontanversuchs und der Testphase.

Erläuterung: Spontanversuch ————
Testphase. - - - - - -

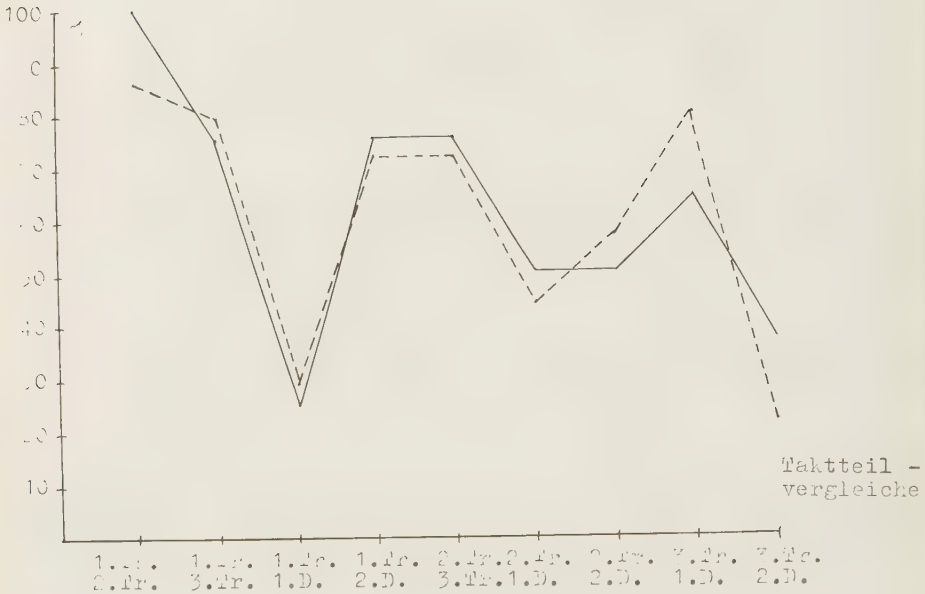


Abbildung 19 : Darstellung der Prozentanteile der negativen Korrelation in Polygonform; die Abbildung enthält die Ergebnisse des Triolentypus' 5 des Spontanversuchs und der Testphase.

Erläuterungen: Spontanversuch ————
Testphase - - - - - -

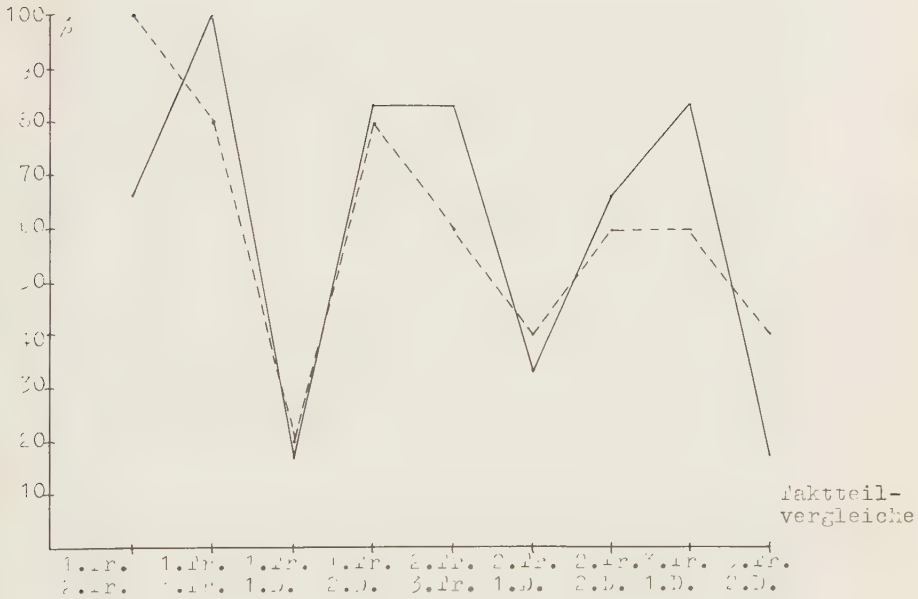


Abbildung 20 : Darstellung der Prozentanteile der negativen Korrelation in Polygonform; die Abbildung enthält die Ergebnisse des Triolentypus' 7 des Spontanversuchs und der Testphase.

Erläuterungen: Spontanversuch ————————
Testphase - - - - - - -

Aus den Abbildungen erkennen wir, daß eigentlich nur bei Triolentyp 5 die beiden Versuche miteinander übereinstimmen. Bei Typ 7 dagegen gibt es zwischen beiden Versuchsarten schon bedeutsamere Unterschiede, und zwar bei den Zuordnungen von 2. und 3. Triolenteil, 3. Triolen- und 1. und 2. Duolenteil. Am größten sind die Unterschiede bei Typ 2, der fast bei allen Zuordnungen erhebliche Differenzen der beiden Versuchsarten ausweist.

Diese Frage zwingt uns, die Gültigkeit der vorhin gezogenen Folgerungen weiter einzuschränken:
Die Zugehörigkeit zu einem Triolentyp bringt nicht in jedem Fall auch eine Ähnlichkeit der Koordinationsrichtung (positiv, negativ oder null).

Vielmehr verhält es sich so, daß einzelne Typen durchgehend über die Versuchsarten Spontanversuch und Testphase sich in der Wahl der Koordinationsrichtung ähnlicher sind als andere. Als sehr konstant erwiesen sich in unseren Versuchen die Triolenstrukturen mit den Merkmalen $b \geq a \geq c$. Diese Strukturen wurden von den Vpn auch besonders bevorzugt gespielt.

g) Beziehung zwischen Koordinationsgrad und Anzahl der Takte.

Als weiteres Problem ergibt sich die Frage nach der Konstanz der Koordinationsgrade über mehrere Takte hinweg.

Um uns darüber klar zu werden, ziehen wir am besten die Korrelationsmatrizen, die jeweils sukzessiv in Zehnerschritten berechnet wurden (N = 10 Takte), heran.

Tabelle 15 bringt ein solches Beispiel von Versuch 23.

Tabelle 15 :

Korrelationsmatrix der Taktteile des Spontanversuchs der Versuchsperson 23.

Bereich	verglichene Takkteile 1T 2T	1T 3T	1T 1D	1T 2D	2T 3T	2T 1D	2T 2D	3T 1D	3T 2D
Takt 1-10	.62	-.76	-.54	.54	-.98	-.92	.92	.91	-.91
1-20	.30	-.60	-.07	.07	-.94	-.63	.63	.56	-.56
1-30	.21	-.56	-.11	.11	-.92	-.72	.72	.66	-.66
1-40	.04	-.40	.00	.00	-.93	-.74	.74	.69	-.69

Erläuterungen: T = Triolenteil
D = Duolenteil

Daraus wird ersichtlich, daß sich die Korrelationen dem Betrag nach ändern;
das Abnehmen der Beträge wird aber entscheidend mitbedingt durch die ansteigende Zahl der vergleichenden Takte. Eine Korrelation von o,26 bei 60 Vergleichen ist z.B. deshalb gleich bedeutsam wie die von o,63 bei nur 10 Vergleichen.

Vergleicht man die Struktur der 9 Korrelationsbeträge über die Takte 1 bis 40, dann fällt auf, wie trotz der Betragsänderungen die Struktur selbst konstant bleibt.

Gilt dieser Schluß auch für die anderen Versuche?
Wir wählten absichtlich den Versuch 23 als Beispiel, weil bei diesem die Betragsänderungen ausgesprochen groß sind; in den meisten anderen Versuchen verändern sich trotz zunehmender Vergleiche die Korrelationen nur wenig.

Das bedeutet allgemein: Das Koordinationsgefüge erweist sich in unseren Versuchen über eine größere Anzahl von Takten hinweg als konstant.

h) Gemeinsamkeiten aller Spielarten

Spontanspiel und das Spielen unter Anleitung haben einige Eigenschaften gemeinsam, die uns bedeutsam erscheinen:

Eine individuelle Konstanz sowohl der Taktstruktur als auch der Taktteilbeziehungen über eine längere Spielzeit hinweg.

Alle Versuchsarten zeigen ebenfalls eine vorherrschende Dehnung des zweiten Triolenteils und eine große Ähnlichkeit in der Erfassung des Koordinationsgrades von Taktteilen.

Was aber sind wohl die weiteren gemeinsamen Bedingungen über alle Versuchsvariationen hinweg?

Wir werden zuerst an das Selbstverständlichste denken; beide Male wurden doch Triolen und Duolen gespielt. In allen unseren Versuchen aber war keine einzige Vp, die eine Ähnlichkeit beider Spielarten erlebt hätte. Wenn wir ihnen dieses mitteilten, dann zeigten sich viele sogar erstaunt und wollten das nicht glauben. Für dieses Phänomen haben wir zwei verschiedene Vermutungen:
Einmal könnte das Ausbleiben eines Ähnlichkeitserlebnisses durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten bedingt sein; verschieden schnelle Bewegungen werden bekanntlich oft nicht als gleichartig erlebt; die Geschwindigkeit scheint sich bei der Bewegung als ein wesentlicher Faktor zu erweisen. Von EHRENFELS hat das schon treffend formuliert: "Geschwindigkeit kann geradezu als Intensität einer Bewegung definiert werden." (EHRENFELS, 1890, S. 50)

Eine zweite Erklärung hat unseres Erachtens auch einigen Erklärungswert:

Nur wenige Menschen wohl sind in der Lage, nach einer bloßen Erklärung auf Anhieb Triolen und Duolen zu spielen. Die meisten müssen das lernen und üben. Der Verfasser kann sich noch recht gut an diese Zeit erinnern: der Klavierschüler "hängt" am Anfang an jeder Note, die er der Reihe nach mühsam "abspielt". Dieses Stadium hat viel Ähnlichkeit mit unserer Lernphase; beide Male sind wir auf eine optische Hilfe angewiesen. Nach recht kurzer Zeit verselbständigt sich beim Schüler das Spiel, und es beginnt sich zu automatisieren, nachdem die optische Zergliederungsphase überwunden ist. Während dieser Übungszeit verlagern sich auch die Schwerpunkte der Aufmerksamkeitszuwendung.

Und wiederum nach einiger Zeit ist man als Klavierspieler so weit vorangeschritten, daß man sich ab und zu die Frage stellt: "Wie konntest du solche Schwierigkeiten haben, wo doch das Triolenspiel jetzt so gut läuft?" Erstaunlicher jedoch erscheint uns die Beobachtung, daß wir gerade auch das Triolenspiel innerhalb kürzester Zeit wieder in die Hand bekommen. Der Verfasser beobachtete an sich selbst, wie gleichartig seine Spielart blieb (etwa einige falsche Rhythmisierungen bei der f-moll-Sonate von Mozart, die sich von Jahr zu Jahr wiederholen). Dafür ist nicht einmal so sehr die gehörsmäßige Auffassung - sondern vielmehr die motorische Reproduktion verantwortlich.

Aus diesen Erwägungen heraus scheint es uns durchaus wahrscheinlich, daß unsere Spieler für die spontane Koordination beim Triolen-Duolenspiel noch vielmehr auf eine Geschichte zurückgreifen müssen, die den Vpn gar nicht mehr bewußt ist.

Wir fassen unsere Beobachtungen so zusammen:

Das Spontanspiel darf man mit großer Wahrscheinlichkeit als eine verselbständigte automatisierte Lernphase ansehen.

Dieser Schluß wäre nicht erwähnenswert, wenn unsere Vpn dies auch noch erlebt hätten. Umso bemerkenswerter bleibt, daß keine Vp eine Ähnlichkeit der beiden Versuchsarten wahrnahm, da sie vermutlich die Umstände vergessen hatten, als sie zum erstenmal das Triolen-Duolenspiel probierten und einübten.

Zusammenfassung des ersten Versuchsteils

1. Wenn die Vpn das Tempo ihres Spiels frei wählen dürfen, dann entscheiden sie sich für eine Geschwindigkeit, die zwischen 0,18 und 0,7 sec pro Triolen- zu Triolenanschlag liegt; die Mehrzahl der Vpn spielt im Tempobereich 0,4 sec pro Triolen- zu Triolenanschlag, was etwa einer Allegro-Bewegung entspricht.

2. Es erwies sich als ein allgemeines Prinzip, nach dem eine vorangehende Bewegung eine nachfolgende bei der Geschwindigkeitswahl in ihrem Sinn beeinflußt.

3. Sowohl bei den Spontanversuchen als auch den Versuchen der Testphase spielten die Vpn verschiedene Taktstrukturen, die sich vor allem bei den Triolen zeigten.
   Wir faßten die Längenmerkmale weiter als "Strukturmerkmale" zusammen und konnten beobachten, daß in beiden Versuchsstadien der Anteil solcher Strukturen am höchsten war, bei denen das zweite Triolenglied gleich oder größer war als das erste; die meisten Personen spielten auch das erste Glied größer als das dritte.
   Wir fanden auch, daß über 60 % der Vpn in jedem Versuchsstadium entweder alle Teile gleich lang spielten oder das zweite Glied größer als das erste und das erste größer als das dritte.

4. Die Übereinstimmung in der Wahl der Triolenstruktur beruht zu einem erheblichen Teil auf der intraindividuellen Konstanz der Struktur des Spontanversuchs und der Testphase.

5. Die unterschiedliche Länge der Triolenteile kann nicht in einem "Fehler" in der Zeitschätzung erklärt werden; die Triolenstruktur vielmehr erscheint als ein psychomotorisches Äquivalent dessen,

was STERZINGER "Ausgeprägtheits- und Wohlgefälligkeitserlebnis" nannte.

6. Die bevorzugte Dehnung des zweiten Triolenteils wird mitbedingt durch den dazwischen erfolgenden zweiten Duolenschlag.

7. In den meisten Versuchen spielten die Versuchsteilnehmer relativ stabile Rhythmusstrukturen, wobei die Stabilität im Laufe der Spielzeit eher noch zunimmt.

8. Innerhalb einer einmal gewählten Rhythmusstruktur sind die einzelnen Rhythmusglieder einander nicht starr, sondern mehr elastisch zugeordnet.

9. Die Zuordnung der einzelnen Rhythmusglieder ist sehr unterschiedlich: während benachbarte Glieder in positiver Richtung miteinander korrelieren, zeigen die entfernteren Teile negative Beziehung; das mittlere Triolenglied dagegen korreliert beim einen Versuch mit dem ersten-, beim anderen mit dem zweiten Duolenglied.

10. Es zeigte sich auch eine Tendenz, nach der gleiche Rhythmusstrukturen der beiden Versuchsarten eher dann ähnliche Zuordnungen der Rhythmusglieder aufweisen, wenn sie in möglichst vielen Strukturmerkmalen übereinstimmen: in unseren Versuchen war dies der Fall beim Strukturmerkmal $b \geq a \geq c$.

11. Das Koordinationsgefüge erwies sich über eine größere Anzahl von Takten hinweg als konstant.

III. Experimentelle Studien, zweiter Teil

Bei den vorangegangenen Versuchen hatten wir vorwiegend die Situation des Klavierspielers vor Augen; er gebraucht ja beim Triolen - Duolenspiel meist alle Finger.

In den nun folgenden Versuchen denken wir mehr an die Lagen, in denen die Spieler nicht alle Finger einzeln betätigen, sondern die ganze Hand, wie etwa beim Pauken oder Trommeln. Will man auf zwei Pauken verschiedene Rhythmen schlagen, dann gibt es dafür eine Einübungsmethode, die sich als recht gut bewährt hat: man schlägt eine Zeitlang nur einen Rhythmus, bis man diesen in den Ohren und in der Hand hat; dann versucht man, den anderen Rhythmus dazuzuschlagen.

Wir versuchten, diese Methode zu einem Versuch mit einzelnen Fingern umzugestalten, um auf diesem Weg einige Koordinationserscheinungen näher kennenzulernen. Dabei sind für uns vor allem folgende Fragen von Interesse:

1. Welche Bewegungsweisen kommen überhaupt vor?
2. Welche Frequenzbeziehungen werden hauptsächlich gewählt?
3. Besteht eine Abhängigkeit zwischen Frequenzbeziehung und Geschwindigkeit?
4. Besteht eine Abhängigkeit zwischen Frequenzbeziehung, Finger- und Handwahl?

1. Versuchsschilderung

Der Vp wird folgende Anleitung gegeben:

"Ich biete Ihnen eine Minute lang eine Lichterfolge. Sie sollen sich dabei möglichst gut die Geschwindigkeit dieser Lichtfolgen einprägen; nach einer Minute schalte ich nämlich dieses Licht ab, und dann sollen Sie eine halbe Minute auf der Taste unter dem aufleuchtenden Licht die Lichtfolge nachschlagen (Grundrhythmus). Nach einer halben Minute gebe ich Ihnen dann ein Zeichen; dies bedeutet, daß Sie jetzt mit der anderen Hand eine Reizfolge dazuschlagen, die einfach schneller (bzw. langsamer) ist als die bis jetzt gespielte. Die alte Schlagfolge unterbrechen Sie jedoch nie, sondern versuchen Sie, diese möglichst gleichmäßig weiterzuspielen!"

Entsprechend der Instruktion führten wir unsere Versuche durch. Das Licht leuchtete immer über der Stelle auf, wo sich der Finger befand, der den Grundrhythmus spielte.

Den soeben geschilderten Versuch variieren wir nach folgendem Versuchsplan:

2. Versuchsplan

Übung des Grundrhythmus links rechts soll anschließend schneller Spielen I. Versuchsreihe	Übung des Grundrhythmus rechts links soll anschließend schneller spielen II. Versuchsreihe
Übung des Grundrhythmus links rechts soll anschließend langsamer spielen III. Versuchsreihe	Übung des Grundrhythmus rechts links soll anschließend langsamer spielen IV. Versuchsreihe

Die vier Versuchsarten variieren wir nochmals nach Spielgeschwindigkeit und Gebrauch der Finger. Dementsprechend hat jede Versuchsreihe folgendes Aussehen:

zeitl. Abstand der Lichtsignale b. Grundrhythmus	Daumen	Zeigef.	Mittelf.	Ringf.	kl. Finger
bei 10 U : 2,0 sec	Vp 1	Vp 2	Vp 3	Vp 4	Vp 5
" 15 U : 1,3 sec	....	....	.....	....	....
" 20 U : 1,0 sec					
" 25 U : 0,8 sec					
" 30 U : 0,7 sec					

Auf diese Weise erhielten wir die Ergebnisse von hundert verschiedenen Vpn. Vpn waren wiederum Lehrerstudenten (37 Studenten und 63 Studentinnen) der Pädagogischen Hochschule Osnabrück. Die Auswahl dieser Teilnehmer geschah nicht nach bestimmten Gesichtspunkten; jeder, der Lust hatte, konnte teilnehmen.

3. Ergebnisse der Versuchsreihen I und II

Die Vpn hatten die Aufgabe, links bzw. rechts eine Lichtfolge zu üben und dann anschließend mit der anderen Hand eine schnellere Folge nachzuschlagen.

Die Tabelle 16 auf der Seite 89 enthält:

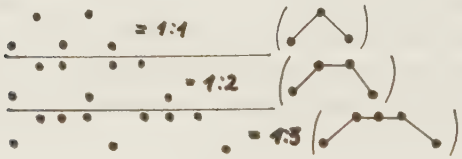
1. Die Art der Frequenzbeziehung beim gemeinsamen Spiel.
2. Die Angabe, ob die ursprünglich geübte Lichtfolge während des Zusammenspiels beschleunigt wird oder nicht.

In der Tabelle finden wir grundsätzlich zwei verschiedene Arten der Frequenzbeziehungen vor:

1. Gleichsinnige synchrone Beziehungsgefüge; das sind Bewegungen, die so aussehen:

In den Tabellen stellen wir synchrone Beziehungen zum Beispiel so dar:
1 : 2, 1 : 3, 1 : 4

2. Alternierende Beziehungsgefüge, die folgende Formen haben:



In den Tabellen stellen wir alternierende Beziehungen z.B. so dar:

Alternierende und synchrone Bewegungen finden wir zwar in allen Geschwindigkeitsbereichen, aber in dieser Versuchsreihe dominieren die synchronen Beziehungen.

Es fällt auch auf, daß die alternierenden Beziehungen gehäuft beim kleinen Finger auftreten.

Tabelle 16

Darstellung der Frequenzbeziehungen, Spielarten und Geschwindigkeitsveränderungen[1)] der Versuchsserie I

Geschw. Takt	Daumen	Zeigefinger	Mittelfinger	Ringfinger	Klein. Finger
10 U	1 –	2 + 1:3 1:4	3 + 1:2 1:3 1:4 1:5	4 + 1:8	5 +
15 U	11 + 1:3	12 + 1:2 1:4	13 0 1:1	14 + 1:2 1:3	15 0 1:3
20 U	21 + 1:2 1:3	22 + 1:2	23 + 1:2 1:3	24 + 1:2	25 +
25 U	31 + 1:1	32 0	33 0	34 + 1:2	35 0
30 U	41 + 1:2	42 + 1:2	43 0 1:2	44 +	45 0

Anm.: In der Tabelle bedeuten:
Die Geschwindigkeit des Grundrhythmus' ist:
merklich beschleunigt +
etwa gleich schnell o
merklich verlangsamt –

Die Zahlen in der oberen Randmitte bedeuten die Nummern der Vpn

1) Geschwindigkeitsveränderung des Grundrhythmus' beim gemeinsamen Spiel
Erklärung der Punkt-Strichgebilde in der Tabelle: im Text, Seite 88

Bevor wir die Ergebnisse beider Spielarten näher darstellen, möchten wir noch eine allgemeine Beobachtung bringen:

Nicht alle Vpn bringen es fertig, gleichzeitig verschieden schnell zu spielen. So nahm sich die Vp 31 fest vor, 1:2 zu spielen, was ihr jedoch über den ganzen Versuch hinweg nicht gelang. Obwohl der größte Teil der Vpn die Aufgabe zum Schluß doch noch bewältigte, bleibt die Frage, welche Bedingungen einem Personenkreis die Bewältigung verwehrt hat. Einige bezeichneten sich als "sonst ebenso ungeschickt" in rhythmischen Übungen, etwa in der Gymnastik. Andererseits hatten wir unter unseren Vpn auch "Musiker", welche anfangs die gleichen Schwierigkeiten hatten wie Nichtmusiker. Folglich erscheint der Einfluß einer vorausgegangenen Übung speziell bei diesem Versuch in einigen Fällen von untergeordneter Bedeutung.

Auch GUNKEL fand in ihren Untersuchungen, daß bei der Entkopplung von Gliedbewegungen Tänzer und Jongleure sich nicht anders verhielten als die übrigen Versuchspersonen.
(GUNKEL, 1962, S. 476)

a) Synchrone Beziehungsgefüge

1. Obwohl in unseren Versuchen viele Frequenzbeziehungen denkbar sind, werden in Wirklichkeit nur einige wenige gewählt.

   In der überwiegenden Mehrzahl werden folgende Beziehungen gespielt:
   1:1, 1:2, 1:3, 1:4. In der Bevorzugung bestimmter Frequenzbeziehungen oder Periodenbilder hat schon v. HOLST eine wichtige Parallele zum Gesetz der "ausgezeichneten Gestalten" der Gestaltpsychologie gesehen. Dieses Gesetz war vor allem aufgrund wahrnehmungspsychologischer Phänomene formuliert worden. Unsere Versuche scheinen dieses Prinzip auch für einfache menschliche Bewegungen als gültig zu bestätigen.

2. Unsere Vpn bevorzugen ganz bestimmte Frequenzbeziehungen. Aber ein Unterschied zwischen den Fingern scheint bezüglich der Frequenzbeziehung nicht zu bestehen. Das bedeutet in diesem Fall allgemein: Die Wahl der Frequenzbeziehungen ist von den Fingern unabhängig.

b) Alternierende Beziehungsgefüge

Diesen ist folgende Regel gemeinsam:

Wenn sich eine Hand bewegt, dann bleibt die andere still. Auf diese Weise entstehen sehr schnell Periodenbilder; das wiederum bedeutet: die beiden Bewegungen formieren sich zu einer Taktgestalt, deren Beginn jeweils durch den Schlag des langsameren Rhythmus angezeigt wird.

Wir ließen einige Vpn mit beiden Mittel-, Ring- oder kleinen Fingern jeweils die gleiche Folge gleichzeitig schlagen. Während am Anfang die Bewegungen synchron verliefen, entwickelte sich daraus plötzlich oder auch allmählich eine alternierende Form; dieser Wechsel ist zu beschleunigen einmal durch Geschwindigkeitserhöhung und ganz besonders durch Vergrößerung der Schlagbewegung. Geschwindigkeitserhöhung und Bewegungsvergrößerung beeinträchtigen beide die zeitliche Harmonisierung (d.h. Identität) von zwei Bewegungen; es kommt nämlich sehr schnell zu einem "Nachhinken" einer Bewegung, das damit den Prozeß der Alternation einleitet.
"Nachhinken" oder auch "Vorauseilen" einer Bewegung ist überhaupt ein immer wieder beobachtetes Phänomen. HAFERKORN berichtet dies von Versuchen KÜLPEs; er selbst fand bei beidhändigen optischen Reaktionsversuchen, daß die linke Hand der rechten vorauseilt. (HAFERKORN, 1933, S. 47)

Warum sind alternierende Bewegungen so beliebt? Vermutlich sind die weiteren Bedingungen dafür im ZNS zu finden, da wir beim Gehen denselben Bewegungsweisen folgen; auch das Hin- und Herschlenkern der Arme beim Gehen dürfte gleichen Ursprungs sein. WACHHOLDER zeigte schon, daß die rhythmische Bewegung (Beugung und Streckung) die elementare Form der einfachen Bewegung überhaupt ist. (nach BUYTHENDIJK 1956, S. 116) Und BUYTHENDIJK selbst macht die Beobachtung: "Der Mensch kann die Beine sowohl synchron als alternierend bewegen , doch die alternierende Bewegung ist leichter ausführbar." (BUYTHENDIJK 1956, S. 166)

Während jedoch Gehen im Regelfall völlig automatisch geschieht, müssen wir bei der Fingerbewegung von Anfang an mit weiteren Einflüssen rechnen, zum Beispiel der Aufmerksamkeit:

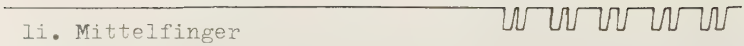
Viele unserer Vpn geben auf Befragen an, daß es nicht einfach sei, seine Aufmerksamkeit gleichzeitig zwei Bewegungen zuzuwenden. Daraus kann man schließen,

daß zum gleichzeitigen unabhängigen Ablauf verschiedener Bewegungen ein großes Maß an Konzentration und Aufmerksamkeit gehört. "Man müßte seine Aufmerksamkeit teilen können." GUNKEL gibt an, daß Angehörigen geistiger Berufe die Entkopplung leichter falle als anderen. (GUNKEL 1962, S. 475)

c) Gemeinsamkeit synchroner und alternierender Beziehungsgefüge

Bei synchronen als auch alternierenden Bewegungen finden wir plötzlich Übergänge von einer Frequenzbeziehung in eine andere. Einige Vpn spielen z.B. zuerst 1:2 und in der zweiten Hälfte synchron 1:3; oder sie spielen zuerst alternierend 1:2 und dann alternierend 1:3; wieder andere bringen anfänglich synchron 1:2 und gehen plötzlich zu alternierend 1:2 über.

Die meisten Vpn beschleunigen in der zweiten Versuchshälfte den Grundrhythmus, wenn sie eine zweite schnellere Folge dazuschlagen. Es scheint sich demnach so zu verhalten, daß das Tempo des Grundrhythmus von einer hinzutretenden Bewegungsfolge beeinflußt wird. (vgl. dazu folgende drei Beispiele!)



li. Mittelfinger

re. Mittelfinger

Versuchsperson 8

li. Ringfinger

re. Ringfinger

Vp 9

li. Ringfinger

re. Ringfinger

Vp 34

Drei Beispiele für Geschwindigkeitsbeeinflussung in den Versuchen 8,9 und 34.

Schaut man sich im Alltag nach gebräuchlichen Bewegungen um, dann finden wir bei genauerer Beobachtung ähnliche synchrone und alternierende Bewegungsformen wie in unseren Versuchen.

Beim Knüpfen einer einfachen Schleife mit einem Schnürsenkel haben wir es mit einer einfachen alternierenden Bewegungsweise zu tun, die aber synchron mit dem Festziehen der Schleife endet.

Beim Stricken finden wir wiederum ein mehr synchrones Zusammenspiel der beiden Hände, wobei der rhythmische Charakter beim Stricken besonders auffällig in Erscheinung tritt. Die Rhythmisierung kann man nicht nur optisch, sondern manchmal sogar akustisch als Berührungsschlag der beiden Nadeln wahrnehmen.

Schaut man einem Bäcker beim Kneten zu, dann sieht man, daß er eher alternierende Bewegungsweisen bevorzugt; dabei gewinnt man den Eindruck, daß diese alternierenden Bewegungen müheloser ablaufen und leichter rhythmisierbar sind: Der Bewegungsablauf wird fließend.

Vermutlich bilden sich bei den genannten Bewegungen infolge der Rhythmisierung rasch periodische Bilder mit konstanten Zeitanteilen.

Rhythmisierung und einfache Frequenzbeziehung bedeutet eine Erleichterung für den, der die Bewegung ausführt; diese Koordinationsarten können schnell automatisiert werden. Zudem trägt die Rhythmisierung bei einfachen Beziehungen entscheidend bei, ein Arbeitsstück sehr gleichmäßig zu gestalten. (z.B. die Struktur eines glatten Pullovers)

Welche Beziehungen der geschilderten koordinierten Bewegung lassen sich zur Geschwindigkeit finden?

In der Tabelle 16 haben wir die Versuche nach der Fingerwahl und dem vorgeschriebenen Tempo dargestellt. Erfahrungsgemäß spielen aber viele Vpn nicht die Geschwindigkeit, die ihnen geboten wird, sondern weichen beträchtlich von der Norm ab.

Aufgrund früherer Beobachtungen liegt der Schluß nahe, daß sich mit Änderung der Geschwindigkeit auch die Form der Bewegung und die Art des Zusammenspiels von Bewegungen ändert. BUYTHENDIJK bemerkt dazu:

"Bei zunehmender Geschwindigkeit setzt das Pferd sich zunächst in Trab und dann in Galopp, wobei jede Bewegungsweise eine eigene Koordination und also ein eigenes Innervationsbild hat."
(BUYTHENDIJK 1955, S. 56)

Um diese Frage auch für unseren Versuch beantworten zu können, ordneten wir die Versuche der Tabelle nach der tatsächlichen Spielgeschwindigkeit, die in der neuen Tabelle 17 enthalten sind.

Obwohl die Unterschiede bezüglich der Frequenzbeziehungen bei den Spielgeschwindigkeiten nicht sehr auffallend erscheinen, finden sich die höheren Frequenzen meist bei geringerem Tempo:

Während bei langsamem Tempo häufiger 1:3 und 1:4, 1:5 zu beobachten sind, scheinen diese höherzahligen Beziehungen bei schnellerem Tempo eher zu fehlen.

Das bedeutet, daß sich bei schnellem Spiel eher jene einfachere Frequenzbeziehungen finden als bei langsamem. Die Ursache dafür leuchtet unmittelbar ein: bei langsamem Grundrhythmus ist es leichter, eine höhere Frequenz dazuzuschlagen als bei schnellem

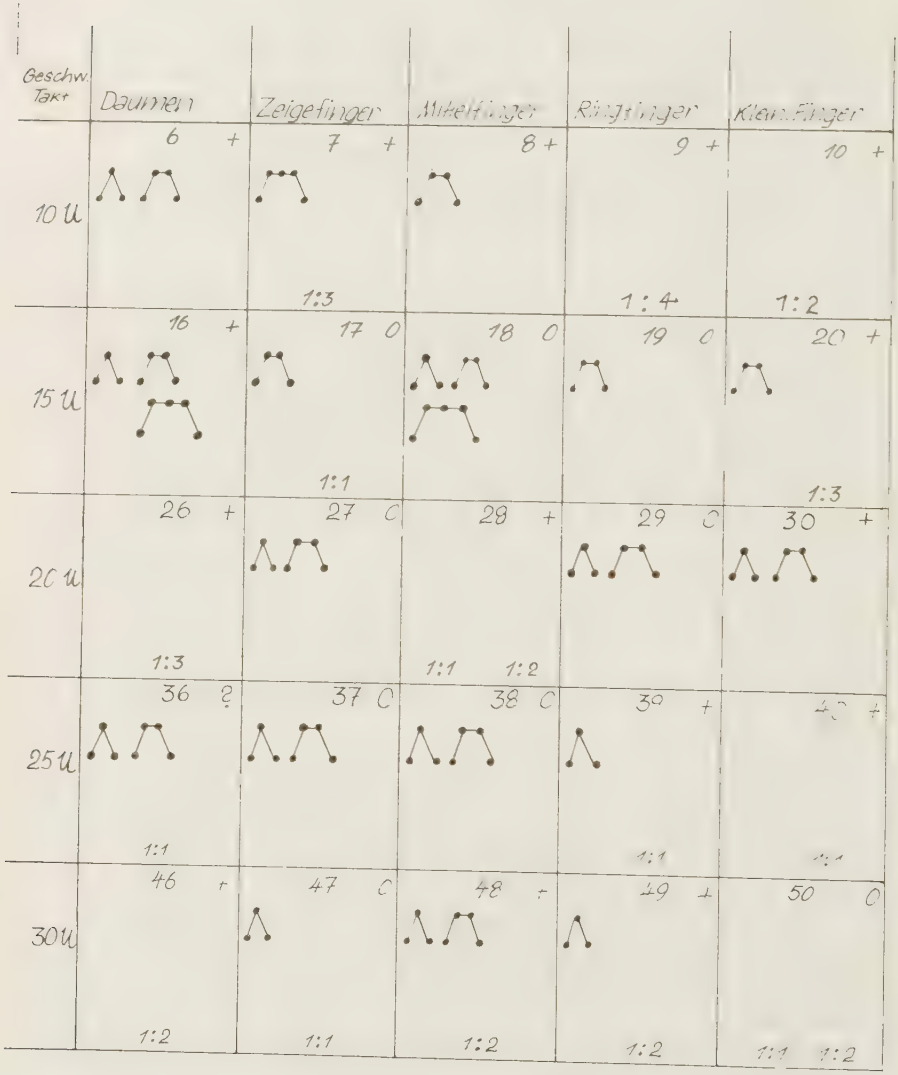
Tabelle 17:

Versuche der Versuchsreihe I -
geordnet nach der Spielgeschwindigkeit

Vp Nr	Schlag-abstand in sec.	Beobachtete Spielart	Vp. Nr.	Schlag-abstand in sec.	Beobachtete Spielart
5	2,8		32	1,4	
4	2,7	1:8	23	1,4	1:3 1:2
2	2,5	1:3 1:4	34	1,3	1:2
1	2,2		44	1,2	
3	2,1	1:2 1:3 1:4, 1:5	14	1,2	1:2 1:3
21	1,9	1:2 1:3	31	1,1	1:1
13	1,8	1:1	25	1,0	
12	1,7	1:2 1:4	33	1,0	
24	1,6	1:2	43	1,0	1:2
15	1,6	1:3	45	0,9	
22	1,6	1:2	42	0,9	1:2
35	1,6		41	0,9	1:2
11	1,5	1:3			

Tabelle 15:

Darstellung der Frequenzbeziehungen, Spielarten und Geschwindigkeitsveränderungen [1] der Versuchsserie II



Anm.: vgl. Anm. der Tabelle 16, Seite 89

1) Geschwindigkeitsveränderung des Grundrhythmus' beim gemeinsamen Spiel

Grundrhythmus. Folglich enthält der erste Fall auch weitere Steigerungsmöglichkeiten. Im zweiten Fall ist der Frequenzerhöhung u.U. schon allein durch physiologische Bedingungen eine Grenze gesetzt; der Spielraum für mögliche Frequenzen wird somit geringer.

Gelten diese Regeln in gleicher Weise auch für die Versuchsreihe II, deren Ergebnisse in Tabelle 18 enthalten sind?

Trotz der Gemeinsamkeiten der beiden Versuchsreihen I und II gibt es auch zwischen beiden bemerkenswerte Unterschiede: während in der Versuchsreihe I 32 % von 25 Vpn alternieren, sind es in der Reihe II 72 % von 25 Vpn.

Für diese eindeutige Bevorzugung der alternierenden Spielweise durch die II. Versuchsreihe ist u.a. wahrscheinlich auch folgende Bedingung verantwortlich:

Bei den allermeisten Alltagsbewegungen der Finger sind die rechte und die linke Seite nicht gleich selbständig; vielmehr hat eine Hand oft die Führung, während die andere Seite nur unterstützende und assistierende Funktion hat. Bei den meisten Menschen ist die rechte Hand die Führungshand; sie ist auch zu vielgestaltigeren motorischen Differenzierungen fähig als die linke Seite. Das weiß jeder nicht allzugute Klavierspieler, der versucht, eine Bachsche Fuge einzuüben.

In unserem Versuch müssen die Vp entgegen ihren sonstigen Bewegungsgewohnheiten den linken Finger schneller bewegen als den rechten. In dieser Situation legt sich die Wahl alternierender Formen eher nahe als diejenige synchroner.

Mehr alternierende Bewegungsweisen erwarten wir demnach immer dann, wenn eine Vp eine ihr ungewohnte Koordinationsbewegung macht.

Tabelle 19:

Versuche der Versuchsreihe II -
geordnet nach der Spielgeschwindigkeit

Vp Nr.	Schlagabstand in sec.	Beobachtete Spielart	Vp Nr.	Schlagabstand in sec.	Beobachtete Spielart
9	2,8	1:4	30	1,5	
7	2,5	1:3	48	1,5	1:2
10	2,3	1:2	29	1,4	
6	2,2		50	1,4	1:1 1:2
38	2,2		26	1,3	1:3
19	2,1		49	1,2	1:2
16	2,1		37	1,2	
20	2,1	1:3	46	1,1	1:2
28	1,7	1:1 1:3	47	1,0	1:1
18	1,6		27	0,92	
39	1,6	1:1	36	0,86	1:1
40	1,6	1:1	17	0,76	1:1
8	1,6				

Faßt man analog zu Tabelle 17 auf Seite 97 die Ergebnisse zusammen, dann erhält man die neue Tabelle 19 .

Durch diese Zusammenfassung wird die geäußerte Vermutung bestärkt, daß mit zunehmender Spielgeschwindigkeit eine Vereinfachung der Frequenzverhältnisse eintritt; diese Vereinfachung kann sich natürlich auch schon bei niedrigeren Geschwindigkeiten einstellen; vermutlich dürften auf diese Erscheinung noch andere Faktoren einwirken: Geschwindigkeit, persönliches Tempo, Aufregung u.a. Diese Tendenz zur Vereinfachung der Frequenzbeziehungen konnten wir nur bei synchronen - nicht bei alternierenden Beziehungen feststellen.

4. Ergebnisse der Versuchsreihen III und IV

Bei der Durchführung unserer ersten beiden Versuchsreihen meinten einige Vpn, sie hätten sich beim Versuch wohl leichter getan, wenn sie zuerst schnell und dann langsam gespielt hätten. Aus diesem Grunde führten wir eine neue Versuchsreihe ganz analog zu den Reihen I und II durch. Die Anweisung lautete jetzt nur: "zum Grundrhythmus eine langsamere Folge dazuschlägen."

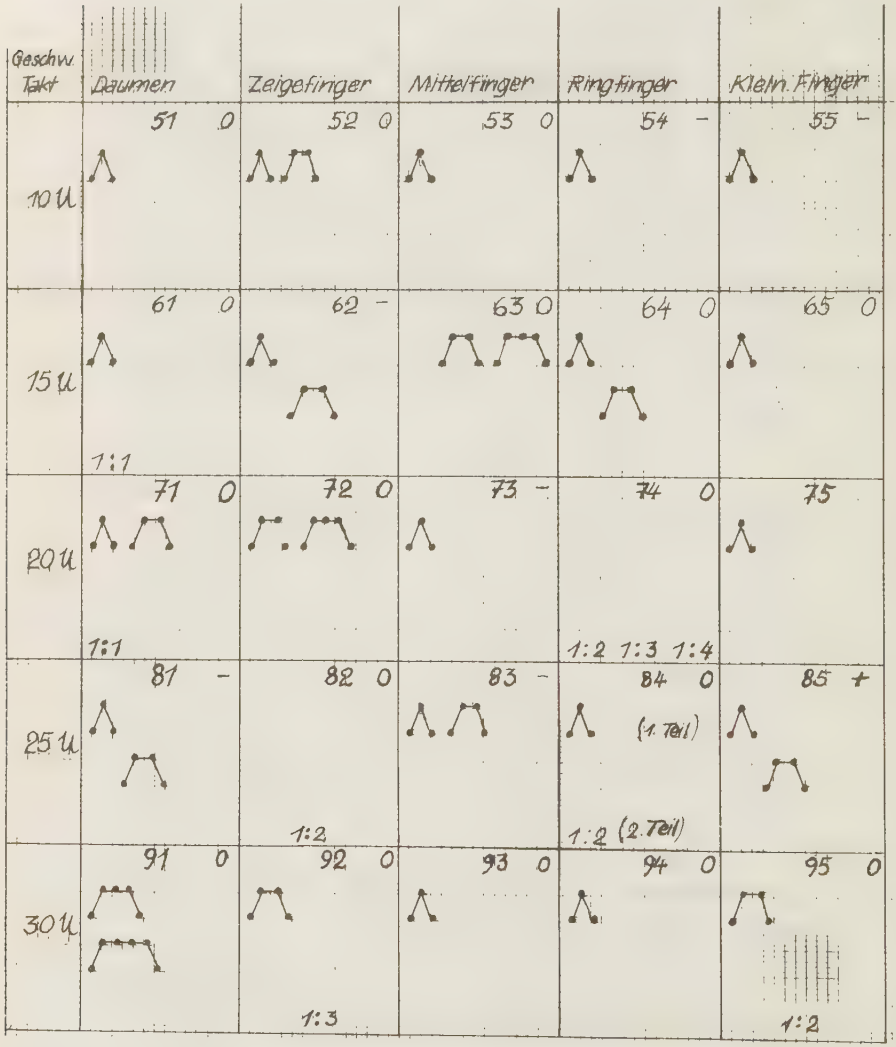
Die Tabellen 20 und 21 enthalten die Ergebnisse der Versuchsreihen III und IV.

Die Tabellen 20 und 21 gestatten folgende zusammenfassende Beschreibungen:

1. Gegenüber den vorigen Versuchen tauchen eine größere Anzahl alternierender Bewegungen auf, und zwar im einfachen Verhältnis 1:1 und im Verhältnis 1:2.

Tabelle 20:

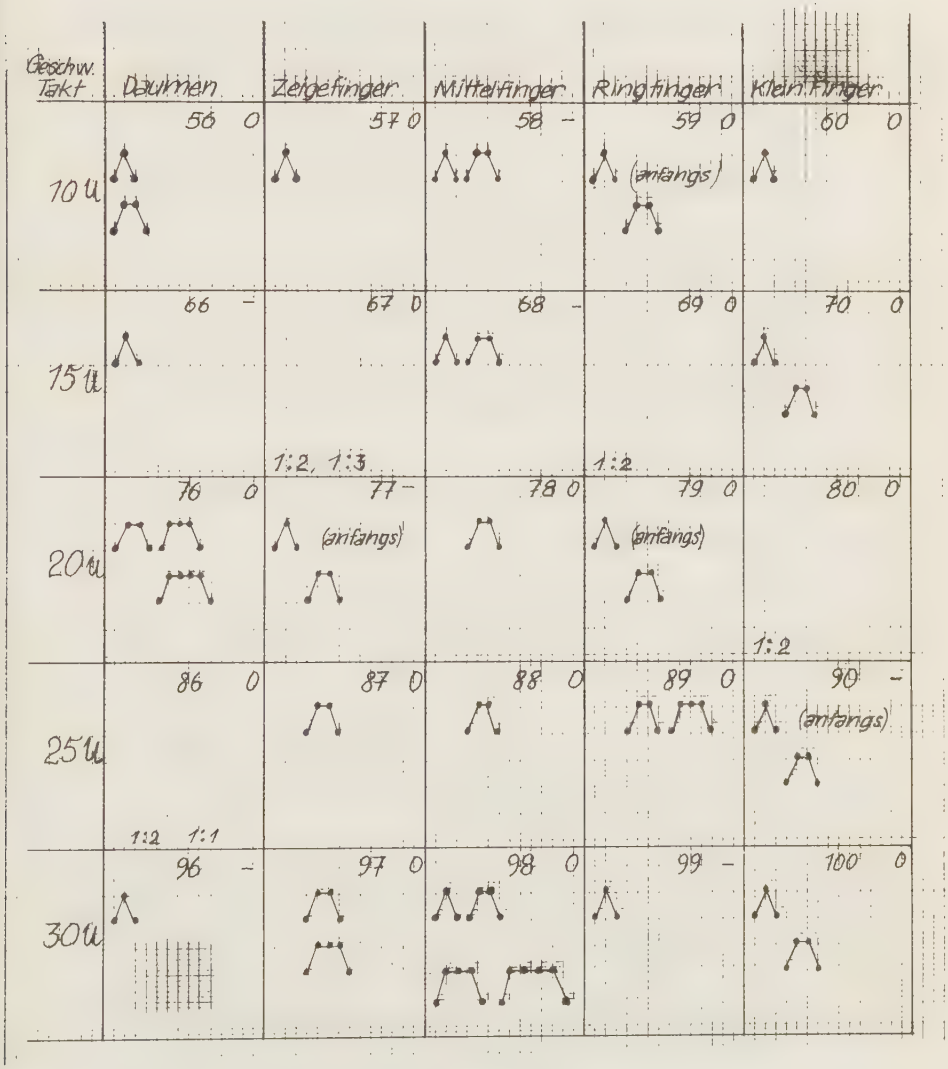
Darstellung der Frequenzbeziehungen, Spielarten und Geschwindigkeitsveränderungen der Versuchsserie III



Anm.: vgl. Anm. der Tabelle 16, Seite 89

Tabelle 21:

Darstellung der Frequenzbeziehungen, Spielarten und Geschwindigkeitsveränderungen der Versuchsserie IV



Anm.: vgl. Anm. der Tabelle 16, Seite 89

Obwohl einige Vpn meinten, es wäre leichter, zu einem Rhythmus einen langsameren dazuzuschlagen, hatten wir bei der Versuchsdurchführung eher den Eindruck, daß diese Versuchsart den Vpn schwerer fällt.

Die einfachen Frequenzbeziehungen scheinen auch die oben angestellte Vermutung zu bestätigen, daß bei subjektiv ungewohnten Koordinationsformen die alternierende Spielart gewählt wird.

Man wird jedoch bei diesen Versuchen auch an die Händigkeit der Vpn denken; es könnte sein, daß diejenigen Vpn, die zur III. und IV. Versuchsreihe rieten, eher linkshändig veranlagt sind.

2. Frequenzbeziehung und Bewegungsart sind in unserem Versuchsbereich unabhängig von der Fingerwahl.

3. Analog zur Beschleunigung der Versuchsreihen I und II war hier bei einigen Versuchen eine Verlangsamung zu verzeichnen.

Ordnet man die Versuche der Tabellen 20 und 21 wieder nach der Spielgeschwindigkeit, dann erhält man die Tabellen 22 und 23 .

Beide Tabellen besagen: Die Art der Frequenzbeziehung und die Bewegungsweise (synchron oder alternierend) ist unabhängig von der Geschwindigkeit.

Wir fassen die Ergebnisse der beiden letzten Versuchsreihen kurz zusammen:

1. Die Frequenzbeziehungen sind wieder von der üblichen zahlenmäßigen Einfachheit.

Tabelle 22:

Versuche der Versuchsreihe III -
geordnet nach der Spielgeschwindigkeit

Vp Nr.	Schlag-abstand in sec.	Beobachtete Spielarten	Vp Nr.	Schlag-abstand in sec.	Beobachtete Spielarten
52	4,2		71	1,6	1:1
54	2,9		84	1,5	1:2
55	2,5		73	1,5	
85	2,5		62	1,4	
72	2,2		83	1,3	
81	2,1		75	1,3	
63	2,1		74	1,3	1:2 1:3 1:4
51	2,1		93	1,2	
92	2,0	1:3	82	1,0	1:2
53	1,9		95	0,9	1:2
61	1,8	1:1	94	0,7	
65	1,7		91	0,7	
64	1,6				

Tabelle 23:

Versuche der Versuchsreihe IV –
geordnet nach der Spielgeschwindigkeit

Vp. Nr.	Schlagabstand in sec.	Beobachtete Spielarten	Vp. Nr.	Schlagabstand in sec.	Beobachtete Spielarten
66	2.7		79	1.3	
60	2.7		89	1.2	
56	2.4		87	1.2	
57	2.2		80	1.2	1:2
70	2.2		77	1.2	
100	2.0		76	1.2	
59	2.0		90	1.1	
86	1.9	1:1 1:2	88	1.0	
78	1.9		96	0.9	
67	1.9	1:2 1:3	99	0.8	
58	1.6		98	0.8	
68	1.5		97	0.7	
69	1.4	1:2			

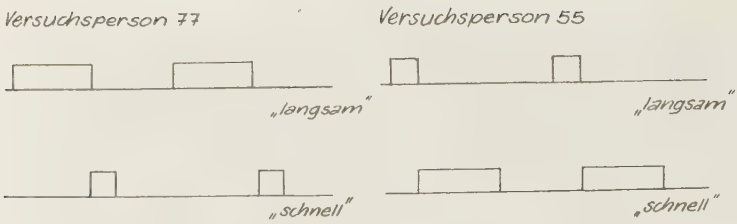
2. Eine Funktion zwischen Geschwindigkeit und Fingerwahl einerseits und Frequenzbeziehung und Bewegungsart andererseits war bei unseren Geschwindigkeiten nicht zu beobachten.

3. Einige Vpn forderten wir nach kurzer Zeit auf, so schnell wie möglich zu spielen. Zu unserem Erstaunen blieben dabei die anfänglichen Beziehungen erhalten. Vielleicht darf man diese Tatsache damit erklären, daß wir es hier mit ursprünglichen Beziehungen zu tun haben, die nur schwer zerstörbar sind. Hat man einmal ein bestimmtes Koordinationsmuster gefunden, dann wird das solange wie möglich beibehalten.

Neben der Bevorzugung der alternierenden Spielart scheint uns folgende weitere Beobachtung wichtig: die allermeisten Vpn, die spielten, meinten, tatsächlich unterschiedlich schnell zu spielen, obwohl es sich nicht so verhielt.

Dieses Auseinanderfallen von Erlebnis und Verhalten hat neben dem schon oben angedeuteten in unserem Falle noch andere unterschiedliche Gründe:
zum Beispiel: viele Vpn spielen
Versuchsperson 77 spielte einen sehr langen Anschlag in der langsamen Hand, während der Grundrhythmus nur kurz angeschlagen wird; auf solche Weise kommt leicht das Erlebnis verschiedener Geschwindigkeiten zustande.

Vp 55 dagegen setzt in der langsamen Hand kürzere Anschläge; auch dies ist einsichtig, denn so entsteht das Erlebnis einer gesteigerten Pausenwirkung, das man schematisch so darstellen kann:



Wie soll man nun diese beiden gegensätzlichen Ergebnisse erklären?

Bei der Vp 55 dauert der Anschlag länger; dabei hat sie das Gefühl, daß diese Hand schneller spielt. Wir vermuten, daß sich das Erlebnis auf die Anschlagsdauer und die dazwischen liegenden Pausen bezieht. Danach würde eine Aktion auch als schnell beurteilt, wenn die Aktion lange dauert und die Pausen dazwischen klein sind.

Vp 77 dagegen erlebt den kürzeren Anschlag als "schneller"; sehr wahrscheinlich wird ihr Geschwindigkeitserlebnis entscheidend von der Geschwindigkeit des Anschlags selbst bestimmt.

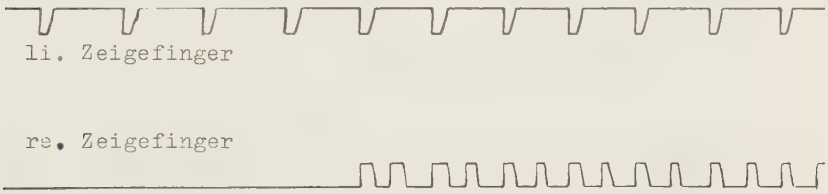
Damit haben wir es eigentlich nicht mit zwei in sich widersprüchlichen Phänomen zu tun, sondern eher mit zwei verschiedenen subjektiven Methoden oder auch Bezugsystemen der Geschwindigkeitsbeurteilung von Schlagfolgen.

5. Der Übergang von der Einzel- zur Koordinationsbewegung

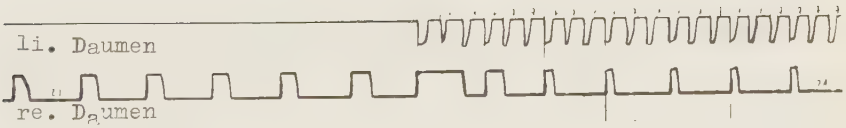
In den geschilderten Versuchen haben wir gesehen, daß fast alle Vpn nach einem gewissen Zeitraum ihre Art des Zusammenspiels gefunden haben.

Wie aber vollziehen sich die Übergange zwischen der Einzel- und der Koordinationsbewegung?

Nur ganz wenige Vpn vollziehen den Übergang auf Anhieb völlig glatt und ohne Schwierigkeiten. Auf Befragung dieser Vpn stellte sich heraus, daß diese das Problem schon vorher gedanklich gelöst hatten. Abzählen der Schläge kann dabei eine gute Hilfestellung sein. (vgl. nachfolgende Beispiele)



Vp 22



Vp 26

Beispiele für einen verhältnismäßig reibungslosen Übergang von der Einzel- zur koordinierten Bewegung.

(Versuch 26 verlief zwar reibungslos in der Zuord-

nung der Frequenzen 1:3, aber dennoch sollte beachtet werden, daß sich die Anschlagsdauer beim Zusammenspiel abrupt ändert und erst beim dritten Schlag eine endgültige Form findet.)

Die geschilderten Beispiele zeigen, daß es durchaus möglich ist, allein durch Vorstellung eine Bewegungskoordination zu erzielen.

In den allermeisten Versuchen jedoch ist der Übergang mit Störungen der Koordination verbunden: häufig bilden sich Unregelmäßigkeiten des bis jetzt regelmäßigen Grundrhythmus, oder die Aufgaben der Hände werden verwechselt. Aber nach wenigen Takten (meist zwischen dem 5. und 10. Takt) hat sich eine feste Beziehung eingespielt.

Vp 6

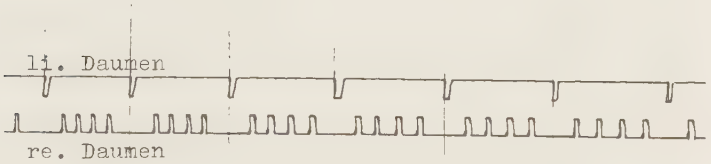
Vp 17 ; Versuch gelang nicht; es bleibt bei 1:1-Koordinat.

Vp 7

Beispiele für nicht reibungslose Übergänge von der Einzel- zur koordinierten Bewegung

6. Verlauf gegenseitiger Beeinflussung bei einer alternierenden Bewegung

Beispiel Vp 1



Zu Beginn dieses Versuchs spielt die Vp die Beziehung 1:4 alternierend. Am Anfang sind die Längenverhältnisse aber noch recht ungleich; das heißt, die 4 Schläge stehen jeweils noch als Gruppe für sich, die nur durch den einen Schlag unterbrochen werden. Gegen Schluß nun werden die Längen immer ausgeglichener und treten in ein erkennbares Verhältnis zum Grundrhythmus (vgl. folgende Schemata).

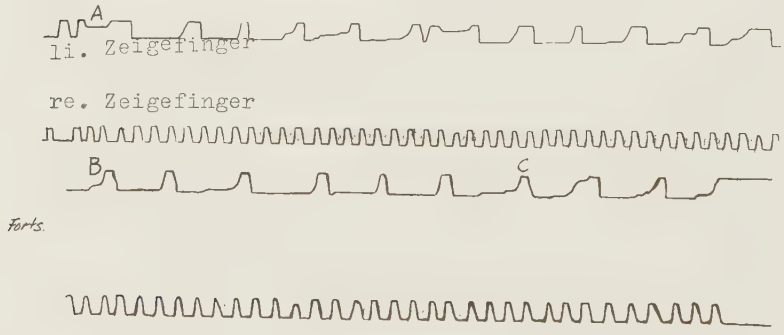
Obwohl wir aufgrund unseres Materials den Beweis nicht bringen können, so vermuten wir dennoch, daß auch bei Zusammenarbeit von Bewegungen eine Tendenz nach Gleichabständigkeit besteht.

Bis jetzt haben wir immer ganz allgemein von synchronen und alternierenden Bewegungen gesprochen. Normalerweise aber unterscheidet man innerhalb einer Bewegung zwischen einer Beuge- und einer Streckphase.

In unseren Versuchen haben wir folgende Entsprechungen:

Beugephase:	Drücken auf die Taste
Streckphase:	Loslassen der Taste

Zwischen diesen beiden Phasen gibt es auch wieder bestimmte Beziehungen, die wir an einem Beispiel der Vp 2 verdeutlichen wollen.



Am Anfang spielt sie alternierend 1:3, dabei dauert die Beugungsphase des langsamen Grundrhythmus sehr lange. Plötzlich beim Takt A kommt es zu einer synchronen 1:1-Bewegung. Da diese Beziehung so

dominierend ist, versucht sie sich auch durchzusetzen: folglich erscheint im Grundrhythmus teilweise auch der schnellere Rhythmus wieder.

Beim Takt B verharrt der linke Daumen lange in Beugestellung. Durch die Streckung des rechten schnelleren Daumens kommt es auch zu einer Streckung links. Eine Streckung versucht also, eine Beugung in Ruhelage zu einer Streckung mitzuveranlassen.

Im Takt C erfährt der gebeugte linke Zeigefinger eine Streckung, wenn sich der rechte Zeigefinger in endgültiger Beugelage befindet. Während der Streck- und Ruhephase des rechten Zeigefingers verharrt der linke Zeigefinger in der Beugelage, die er gerade erreicht hat. Es scheint demnach auch möglich, daß Streck- und Beugephase synchron verlaufen.

Bis jetzt haben wir zwei wichtige Koordinationsarten bezüglich der Phasen kennengelernt:

1. Eine Streckbewegung kann eine Streckbewegung hervorrufen (Grundsatz der Parallelität).

2. Eine Streckbewegung kann auch eine Beugebewegung mitveranlassen (Grundsatz der Gegenläufigkeit).

Daß diese Beziehung auch gestört sein kann, ersieht man an Erkrankungen wie etwa der sogenannten Adiadochokinese, bei der Agonist und Antagonist nicht mehr richtig koordiniert werden.

Als Wichtiger scheint uns jedoch die Regel, daß Änderungen in der linken langsamen Hand nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt erfolgen, sondern während ganz bestimmten typischen Bewegungsabschnitten der schnelle-

ren Hand; das bedeutet: beide Bewegungen üben aufeinander ständig Einfluß aus.

Dieses Prinzip geht soweit, daß man manchmal den Eindruck hat, daß eine Bewegung eine andere blockiert und diese momentan freigibt, wenn sie selbst abgelaufen ist.

Bei diesen Beobachtungen der Beugung und Streckung handelt es sich u.E. um solche Erscheinungen, die v. HOLST als Superpositionsphänomene bezeichnete; da wir Bewegungsschläge räumlich begrenzten, konnte die Amplitudenbeeinflussung nur bruchstückhaft zur Wirkung gelangen.

Auch die Beeinflussung der Anschlagsdauer muß wohl hierzu gezählt werden. Wir beobachteten oft, daß ein Anschlag bei einhändigem Spiel länger dauerte als wenn eine zweite schnellere Bewegung dazukam.

7. Äußere Beziehungsänderungen innerhalb des zeitlichen Bewegungsablaufes

Die allermeisten Vpn wechselten nicht ständig die Frequenzbeziehungen, sondern spielen mehrere Takte mit gleicher Beziehung; und dann wechseln manche spontan auf eine andere Beziehung über (vgl. Beispiele).

li. Mittelfinger

re. Mittelfinger

Versuch 5 (Wechsel von 1:2 zu 1:3, beide alternierend)

Beispiele für Beziehungswechsel innerhalb einer Spieldauer

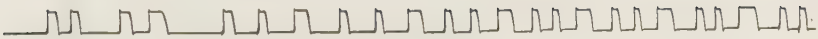
li. Daumen

re. Daumen

Versuch 21 (Wechsel von 1:2 zu 1:3, beide synchron)

li. kleiner Finger

re. kleiner Finger



Versuch 15 (Wechsel von alternierend 1:2 zu synchron 1:3)

Beispiele für Beziehungswechsel innerhalb einer Spieldauer

Während Triolen und Duolen in den Versuchen des ersten Versuchsteils eine allmähliche Strukturveränderung durchmachen - sie tun das allerdings nicht oft , ändern sich Frequenzbeziehungen abrupt von Takt zu Takt; dem letzten Takt sieht man meist noch gar nicht an, daß eine Veränderung eintreten könnte.

8. Die innere Stabilität von Bewegungsstrukturen

Um diese entscheidende Frage zu beantworten, versuchten wir, analog zu den variationsstatistischen Darstellungen auf den Seiten 52 ff, Beispiele für die wichtigsten Frequenzbeziehungen und Spielarten zu bringen.

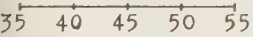
Wir gingen bei der Darstellung folgendermaßen vor: spielte eine Vp alternierend 1:1 ( ), dann teilten wir die Takte so ein:

Bei den anderen Spielarten verfuhren wir gleich, indem wir immer den langsameren Rhythmus als Einheit wählten.

Die Abbildungen auf den Seiten 117 bis 119 zeigen alle eine schwerpunktmäßige Verteilung der Taktteilgrößen; dabei aber unterscheiden sie sich zum Teil recht beachtlich in der Streuung: eine enge Streuung bedeutet in unseren Versuchen eine relativ konstante Taktstruktur, während eine breitere Streuung auf einen größeren Spielraum in den Taktteilbeziehungen schließen läßt; im letzten Fall sind die Taktteile nicht so fest miteinander koordiniert wie im ersten.

2. Taktteil

1. Taktteil



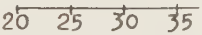
Taktteileinheiten

Versuchsperson 86, Versuchsserie IV, synchron 1:2

3.Taktteil

2. Taktteil

1. Taktteil



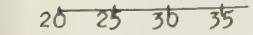
Taktteileinheiten

Versuchsperson 19, Versuchsserie I, synchron 1:3

3.Taktteil

2.Taktteil

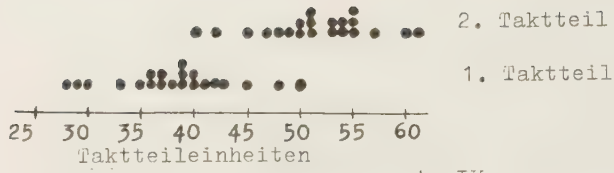
1. Taktteil



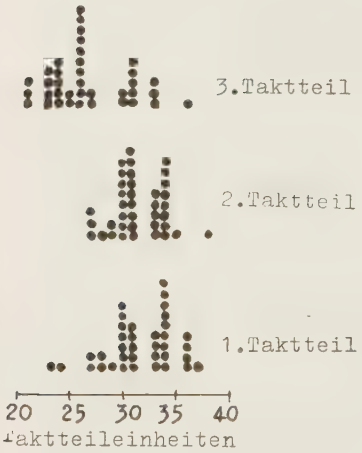
Taktteileinheiten

Versuchsperson 35 a, Versuchsserie I, synchron 1:3

Abbildung 21 a : Häufigkeitsdarstellungen der einzelnen Taktteillängen bei synchronen Beziehungen; die Takte wurden nach dem auf S.116 beschriebenen Verfahren gemessen und auf das Einheitsmaß 90 transformiert(Seite 29); über der entsprechenden Länge wurde jeder Taktteil als Punkt eingetragen. Die Gesamteinheit 90 ist nicht vollständig dargestellt.



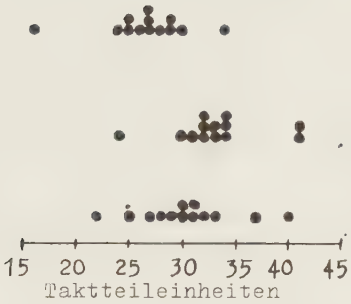
Versuchsperson 57, Versuchsserie IV,
alternierend 1:1



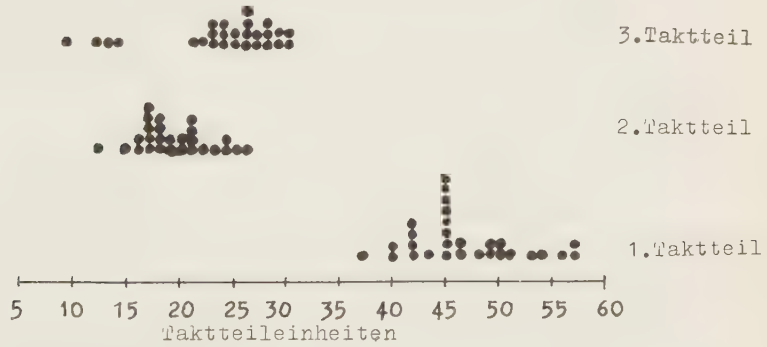
Versuchsperson 8,
Versuchsserie II,
alternierend 1:2

Versuchsperson 7, Versuchsserie II,
alternierend 1:3

Abbildung 21 b: Häufigkeitsdarstellungen der einzelnen Taktteillängen bei alternierenden Beziehungen. Die Takte wurden nach dem auf Seite 116 beschriebenen Verfahren gemessen und auf das Einheitsmaß 90 transformiert (s.Seite 29); über der entsprechenden Länge wurde jeder Taktteil als Punkt eingetragen.
Die Gesamteinheit 90 ist nicht vollständig dargestellt.



Versuchsperson 77, Versuchsserie IV,
alternierend 1:2



Versuchsperson 35, Versuchsserie I,
alternierend 1:2

Abbildung 21 c: Häufigkeitsdarstellungen der einzelnen Taktteillängen bei alternierenden Beziehungen.
Erläuterungen zur Darstellung:
Abbildung 21 b, S. 118

Damit können wir jetzt einige Beobachtungen erklären: Da bei den synchronen Bewegungen die Streuungen etwas kleiner sind als bei alternierenden Bewegungen, darf man annehmen, daß die "synchrone Koordination" manchmal nahezu absolut ist. Alternierende Bewegungen sind zwar auch koordiniert, aber nicht so stark wie synchrone Bewegungsweisen. Sie gewähren einen größeren Variationsbereich. Vp 57 fällt mit ihrer Streuung besonders auf. Sie spielt alternierend. Welche Bedingung könnte dafür gefunden werden?

Wenn wir alternierende Bewegungen von der einfachen Art wie bei Vp 57 spielen, dann können wir links und rechts verhältnismäßig leicht so variieren, daß nur wenig von einer Koordination zu sehen ist.

Zum Beispiel:

Natürlich bleibt hier die Frage, wie lange jemand dieses "Zufallsspiel" aushält. Im Gegensatz zu den anderen also mehrzahligen alternierenden Bewegungen, haben wir bei -Bewegung nicht die ausgeprägten Periodenbilder, die sich ständig wiederholen. Wir vermuten, daß diese Periodenbildung auch erschwert wird, weil die Geschwindigkeit der Reizfolgen oft unter der Grenze für Rhythmenbildung liegt.

Als ich selbst eine -Beziehung ausprobierte, fiel mir auf: wenn ich ganz langsam spielte, dann konnte ich mir die gespielten Zeiten nicht einprägen oder ich wechselte die einzelnen Bewegungsabschnitte.

Aufgrund einiger Hinweise, die unseres Erachtens jedoch noch in größerer Anzahl erbracht werden müßten, vermuten wir:

Alternierende Bewegungen gleicher Frequenz neigen besonders bei geringen Geschwindigkeiten zum Zerfall der Rhythmusstruktur. Diesen Zufall selbst muß man sehr wahrscheinlich mit dem Abklingen der psychischen Präsenzzeit in Zusammenhang bringen, wie schon KÜNNAPAS in seinen genannten Klopfversuchen zu zeigen versuchte. Offenbar gelingt das Transponieren außerhalb dieser Zeit nicht mehr so gut. Natürlich ist damit noch nicht gesagt, daß es bei anderen Gruppierungsformen nicht doch größere Zeitspannen bewältigen kann. (dazu WITTE 1960)

Zusammenfassung der zweiten Versuchsreihe

1. Räumt man einer Vp bei der Wahl der Frequenzbeziehungen einen großen Spielraum ein, dann können wir eine geringe Anzahl tatsächlich gewählter Beziehungen beobachten: 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 .

2. Diese Beziehungen werden entweder synchron oder alternierend gespielt. Dabei kommt es zur Bevorzugung der alternierenden Bewegungsformen besonders dann, wenn eine Koordinationsform versucht wird, die im Alltag der Vp nur selten verlangt ist. Auch die geringere motorische Differenzierungsfähigkeit der Finger der linken Hand dürfte zu dieser Bevorzugung beitragen.

3. Die Frequenzbeziehung scheint mit großer Wahrscheinlichkeit von der Geschwindigkeit abhängig: hohe Geschwindigkeiten neigen zu einfachen Frequenzverhältnissen (1:1).

4. Übergänge von einer Frequenzbeziehung in eine andere innerhalb einer Bewegung kommen oft vor; sie vollziehen sich abrupt.

5. Synchrone Bewegungen scheinen strukturstabiler als alternierende.

6. Nicht nur das Taktgefüge der Gesamtfingerbewegung ist koordiniert, sondern auch die Bewegungsphasen der einzelnen Finger zeigen geregelte Zuordnungen. (Anzeichen für Amplitudenbeeinflussung) Es erwies sich, daß man insbesondere die gegenseitige Beeinflussung der Anschlagsdauern entscheidend auf den Prozeß der Amplitudenbeeinflussung zurückführen kann.

Die Beziehungen unserer Ergebnisse zur Theorie der relativen Koordination E. v. HOLSTs.

Die Theorie der relativen Koordination wurde von Erich v. HOLST als ein ganz allgemeines Funktionsprinzip des Zentralnervensystems verstanden. Während er selbst Phasenbeziehungen und Superpositionsphänomene an Tieren studierte, untersuchte seine Schülerin GÜNKEL nur Superpositionserscheinungen bei menschlichen Gliedbewegungen. (GUNKEL 1962)

In unseren Versuchen widmeten wir uns ausschließlich dem Studium der Phasenbeziehungen. Dabei beobachteten wir ein rasches Sich-Einstellen einer Rhythmusstruktur, die sich über eine bestimmte Zeit ständig wiederholt. Diese Rhythmusstrukturen sind bei allen Versuchsteilnehmern hinsichtlich der Frequenzbeziehungen gleich; obwohl wir es immer mit identischen Frequenzbeziehungen zu tun hatten, spielten die Vpn diese Struktur aber in individueller Ausprägung: sie formen den Rhythmus mit ihren persönlichen Eigentümlichkeiten. Solche Eigenarten konnten wir besonders bei der Bemessung der einzelnen Taktteillängen, der relativen Anschlagsdauer und bei der dynamischen Zuordnung der einzelnen Taktteile beobachten.

Die Darstellungen der Taktstrukturen (vgl. Abschnitt über die Stabilität der Taktstruktur, S. 51 ff.) zeigen außerdem ganz deutlich: die Struktur ist nie hundertprozentig festgelegt, sondern läßt auch noch einen Spielraum zu. Wenn man mit E. v. HOLST unter relativer Koordination folgendes versteht:

"Die relative Koordination dieses Typs ist eine Ordnungsform, in der die bei absoluter Ordnung ständig und für jede Teilaktion gültige Beziehung nur eine statistische Beziehungsregel darstellt" (v. HOLST, 1939, S. 245 f),

dann können wir feststellen, daß auch in unseren Versuchen relative Koordination vorherrschte.

Die relative Koordination ist ein sehr fruchtbares und anregendes Rahmenprinzip; es läßt sich vereinfacht etwa so zusammenfassen: Gliedbewegungen stehen während ihres Ablaufs in ständiger wechselseitiger Beeinflussung (sog. Interferenz von Bewegungen). Nachdem v. HOLST die Interferenzgesetze weitgehend bei Tieren, hauptsächlich bei Fischen, aufklären konnte, sah er sich bei der Zusammenfassung zu einer Theorie gedrängt, nach ganz neuen adäquateren Vorstellungen Ausschau zu halten; zwar hatte der Plastizitätsgedanke von BETHE entscheidende Fortschritte in der Bewegungsphysiologie erbracht, aber von HOLST sah darin noch nicht die Lösung des Bewegungsproblems.

V. HOLST fand in den Interpretationen der Berliner Gestaltpsychologie fruchtbare Ansätze:

"Diese Regeln (gemeint sind die Befunde v. HOLSTs, d. Verf.) stimmen in auffälliger Weise mit den Gesetzen zusammen, die in der Gestaltpsychologie für die "Gestalten" der optischen und akustischen Wahrnehmung beschrieben worden sind.
1. die Tendenz zu stabilen Gleichgewichten, 2. die Selbständigkeit, Eigenwilligkeit dieser funktionellen Gleichgewichte, 3. die Tatsache einer gegenseitigen Einflußnahme entfernter Teile im Rahmen des Ganzen, 4. die Tendenz zur Herstellung möglichst einfacher Beziehungen ("Gesetz der Einfachheit") - das alles findet sich hier wie dort.
W. KÖHLER (1922) hat an verschiedenen physikalischen dynamischen Systemen gezeigt, daß formal entsprechende Regeln auch bei diesen eine Rolle spielen können. Die Tatsache, daß gleiche Erscheinungen auch beim Zusammenwirken der Ordnungskräfte im ZNS sichtbar werden, ist aber zweifellos m e h r a l s e i n beliebiges weiteres p h y s i k a l i s c h e s M o d e l l zur Illustrierung gewisser im Bereich des "Psychischen" gültiger Regeln."
(v. HOLST, 1939, S. 297)

Das Wahrnehmungsgeschehen erwies sich als ein dynamischer und selbständiger Prozeß, bei dem spontan und ohne ersichtliche Änderung der Reizgrundlage sprunghaft Änderungen eintreten können. Das Gesetz der Prägnanz besagt: Erlebnisse und Verhaltensweisen unterliegen bestimmten Tendenzen zu bevorzugten Gestalten; ein Vieleck etwa wird bei rascher Darbietung als Kreis erlebt; der Kreis ist deshalb eine "prägnante" Gestalt. Eine Haupteigenschaft der Gestalten ist ihre Transponierbarkeit, sowohl dem Raum als auch der Zeit nach: eine Melodie bleibt unverändert, wenn sie in einer anderen Tonart oder etwas langsamer gespielt wird.

Die Befunde E. v. HOLSTs ließen dann auch vermuten, daß es sich bei seinen Entdeckungen und denen der Gestaltpsychologen höchstwahrscheinlich um Erscheinungen eines identischen Systems handelte; v. HOLST hatte damit den physiologischen Erweis sowohl für Wirkungsüberlagerung als auch gegenseitige Abänderungen von Vorgängen im Zentralnervensystem erbracht, wie das schon vorher von den Psychologen aufgrund ihrer Experimente angenommen wurde. (nach METZGER, 1954, S. 262)

Es ist bis heute genügend erwiesen, daß bestimmte Koordinations- oder Bewegungsmuster nicht gelernt werden müssen, da sie gleichzeitig mit der zentralnervösen Entwicklung heranwachsen und reifen. Kinder brauchen das Gehen eigentlich nicht zu lernen; Saugen und Lutschen kann der Säugling vom ersten Lebenstag an. In all diesen Fällen haben wir es mit ganz einfachen angeboreren Bewegungsmustern zu tun.

In unseren Versuchen verlangten wir von unseren Vpn die Koordination von zwei Bewegungen, die sie zuerst lernen und üben mußten; auf Anhieb bringt das niemand ohne Ungeschicklichkeiten und Fehler fertig. Aus

diesen Erwägungen heraus, scheint uns die Frage interessant, wie wohl der Einübungsverlauf zeitlich vor sich geht:

In den allermeisten Fällen erschraken die Vpn, wenn die Lichter aufzuleuchten begannen; es war nämlich tatsächlich unmöglich, optisch die Rhythmusstruktur wahrzunehmen (Der Vl wiederholte deshalb die Bemerkung, mit der Zeit werde der Versuch erfahrungsgemäß gelingen).

Während der ersten Takte nahmen die Vpn nur ein unentwirrbares Durcheinander von Lichtreizen wahr; dieser Zustand begann sich aber schlagartig zu ändern, wenn die Vpn anfingen, aufmerksam die Lichter "abzuspielen".

Nach wenigen Takten schon erkannten die meisten plötzlich die bestimmte Aufeinanderfolge der Lichter; damit hatten sie schon das Prinzip der Aufeinanderfolge erfaßt. Geradezu gleichzeitig war ebenfalls die Rhythmusstruktur entstanden - und zwar nicht so sehr aufgrund optischer als vielmehr motorischer Erfassung.

Die Genese der Rhythmusstruktur läßt sich zusammenfassend etwa so beschreiben: aus einer subjektiv undifferenzierten Menge von Reizen wird aufgrund motorischer Betätigung ein bestimmtes Bewegungsmuster herausgefunden, wobei die individuelle Ausformung der Strukturen sehr wahrscheinlich auf persönliche Verschiedenheiten des Wahrnehmungs- und Bewegungssystems zurückzuführen ist. Dieser Vorgang erinnert sehr an aktualgenetische Prozesse im Wahrnehmen und Denken. Ebenso nahe liegt die Annahme, daß es sich im ersten Koordinationsstadium um eine Form der Rahmenkoordination (RÜSSEL, 1943) handelt, während die individuelle Ausformung mehr als Feinkoordination anzusehen ist.

Ein anderes grundsätzliches Problem ergibt sich bei der Frage nach der Einordnung der Koordinationserscheinungen in einen größeren psychologischen Rahmen; wie schon oben erwähnt, hat ja v. HOLST selbst diesen Schritt erwogen, als er an die Gesetze der Gestaltpsychologie erinnterte. Gelten diese Gesetze auch für unsere Versuche? Wenn man verfolgt, wie sich die Rhythmenstrukturen bilden, dann fällt auch noch auf, daß sich die Bewegungen zuerst in Bewegungen der linken und rechten Hand differenzieren; ist dieses Stadium erreicht, dann beginnen die Vpn, die Bewegungen in ihrem zeitlichen Nacheinander zu erfassen. Wesentlich bei dieser Gliederung ist: die beiden Bewegungen finden eine Form der Zusammenarbeit. Diese Rhythmusgestalt setzt sich im Erlebnis des Spielers jedoch nicht einfach aus zwei verschiedenen Bewegungen zusammen, sondern stellt sich als etwas ganz Anderes und Neues dar. Diesen Vorgang beschreibt KOFFKA so: "Beim Lernen mehr oder weniger komplizierter Bewegungen muß eine Bewegungsmelodie zustande kommen, das heißt, ein Gebilde von der Art unserer Strukturen." (KOFFKA, 1925, S. 195)

Hat sich diese Struktur einmal eingestellt, dann ist es den Vpn auch möglich, über lange Zeit und trotz verschiedener Geschwindigkeitsschwankungen den Rhythmus beizubehalten. Von diesem Augenblick an scheint es auch problematisch, einfach weiterhin von "zwei verschieden schnellen Bewegungen" zu sprechen, da sie erlebnismäßig und handlungsmäßig gar nicht mehr als solche existieren. Das äußert sich auch darin, daß die Vpn ihre Aufmerksamkeit nicht auf die einzelnen Finger und Hände konzentrieren, sondern auf das erstrebte Ziel: die Rhythmenstruktur.

Als wichtigste Eigenschaft dieser so entstandenen Rhythmusstruktur fanden wir: ihre Transponierbarkeit,

das bedeutet ihre strukturelle Unveränderlichkeit bei bestimmten Bedingungsveränderungen. "Das Entscheidende an den Transpositionsleistungen ist also die Erfassung des bei Kovariation invariant Bleibenden." (WITTE, 1960, S. 406)Solche Transpositionsleistung ist mehr als eine additive Übersetzung von Einzelleistungen.

In unserer zweiten Versuchsreihe gingen wir vor allem dem Problem der Prägnanz bei Bewegungen nach. Dabei zeigte sich, daß bei freier Bewegungswahl immer ganz einfache Grundmuster gespielt werden. Obwohl hier das Erlebnis zweier verschiedener Bewegungen (durch die Anordnung absichtlich hervorgerufen!) anfänglich ausgeprägt ist, einigen sich beide Bewegungen sofort auf prägnante Muster: "alternierende" oder "synchrone" Spielweise. Und da es gleichzeitig noch zum Auftreten bestimmter Frequenzbeziehungen kommt, spielen auch diese Teilnehmer nicht mehr Einzelbewegungen, sondern Rhythmen, deren Strukturen sich als sehr konstant erweisen. In den Untersuchungen v. HOLSTs handelte es sich um Experimente, bei denen meist die afferenten Zufuhren unterbunden waren. In diesen Bedingungen unterscheiden sich die Versuche an Tieren und Menschen. Wir halten es für sehr wahrscheinlich, daß das rasche Zustandekommen der Bewegungsmuster in unseren Versuchen entscheidend durch afferente Bedingungen (Rückmeldungen) verursacht wurde.

Eine weitere Komplizierung der Untersuchungen bringen die sogenannten höheren psychischen Einflüsse, die sich in Form von Erwartungen, Hoffnungen, Ängsten usw. niederschlagen. Gerade die Testpsychologie hat ja gezeigt, wie sehr das Koordinationsvermögen von Persönlichkeitseigenschaften abhängig ist: erfolgsmotivierte Vpn koordinieren besser als mißerfolgsmotivierte. (nach HECKHAUSEN, 1965, S. 673 f) Um so erstaunlicher

bleibt, daß die Versuchsteilnehmer trotz dieser recht erheblichen Faktoren sich in der Wahl der Koordinationsmuster sehr ähnlich verhalten.

IV. ANHANG

Die Transformation der Taktteile auf eine einheitliche Länge

Beispiel:

Angenommen wir messen auf dem Papier folgende Werte aus:

1. Triolent.	: a = 20 mm	1. Duolent.	: e = 20 mm
2. Triolent.	: b = 15 mm	2. Duolent.	: f = 25 mm
3. Triolent.	: c = 10 mm		
Gesamtlänge	: d = 45 mm	Gesamtlänge	: 45 mm

Nun transformieren wir den Wert der 1. Triole = 20 mm neu in a_t nach folgender Formel:

$$a_t = \frac{a}{d} \cdot K$$

a = 20 mm
d = 45 mm
k = neue Einheitslänge 90

Also gilt:

$$a_t = \frac{20}{45} \cdot 90 = 40$$

Ganz entsprechend erhalten wir die Werte der anderen Taktteile:

$$b_t = 30,\ c_t = 20,\ e_t = 40,\ f_t = 50$$

Darstellung der Maßkorrelation nach PEARSON

Diese rechnet sich nach der Formel:

$$r = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}\sqrt{N\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

Es bedeuten:
N = Anzahl der verglichenen Beobachtungspaare
X = Maßzahlreihe X
Y = Maßzahlreihe Y

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

Buythendijk, F.J.J., Allgemeine Theorie der menschlichen Haltung und Bewegung. Berlin 1956

Dessauer, Fr., Naturwissenschaftliches Erkennen. Frankfurt/Main 1966

v. Ehrenfels, Chr., Weiterführende Bemerkungen in: Das Primzahlengesetz. 1922 Wiederabdruck in: Weinhandl, Gestalthaftes Sehen. Darmstadt 1960

Fraisse, P., Psychologie du temps. Paris 1957

ders., Les structures rythmiques. Louvain 1956

ders., Zeitwahrnehmung und Zeitschätzung. in: HBdPs. 1966, Bd 1,1, S. 656-690

Gunkel, M., Über relative Koordination bei willkürlichen menschlichen Gliedbewegungen. In: Pfl. Arch. 275, 1962, S. 472-477

Haferkorn, W., Über die zeitliche Eingliederung von Willkürbewegungen. In: Neue Ps. Stud. Bd. 9, 1933, Heft 1, 33-63

Heckhausen, H. Leistungsmotivation. In: HB f. Psych. 1965, Bd. 2, S. 602-704

v. Holst, E., Versuche zur Theorie der relativen Koordination. In: Pfl. Arch. 237, 1936, S. 93-121

ders., Zentralnervensystem. In: Fortschr. d. Zool. 4, 1938, S. 472-499

ders., Die relative Koordination als Phänomen und als Methode zentralnervöser Funktionsanalyse. In: Erg. Physiol. 42, 1939, S. 228-300

v. Holst, E., Erregungsbildung und Erregungsleitung im Fischrückenmark. In: Pfl. Arch. 235, 1939, S. 345-359

ders., Von der Mathematik der nervösen Ordnungsleistungen. In: Experientia 4 1948, S. 374-381

ders., Periodisch-rhythmische Vorgänge in der Motorik. In: Rep. 5th Conf. Soz. Biol. Rhythm., Stockholm 1955, S. 7-15

v. Holst und Mittelstaedt, H., Das Reafferenzprinzip. In: Naturwiss. 37, 1950, S. 465-476

Jung, R., Physiologische Untersuchungen über den Parkinson-Tremor und andere Zitterformen beim Menschen. In: Z. ges. Neurol. Psychiatrie 137, 1941, S. 263-331

Katz, D., Gestaltpsychologie. Basel 1948^2

Koffka, K., Die Grundlagen der psychischen Entwicklung. Osterwick 1925^2

Kottek, L., Über die Stabilisierung rhythmischer Koordination. Zulassungsarbeit zur Diplom-Vorprüfung. Tübingen 1958

Leyhausen, P., Die Entdeckung der relativen Koordination. Ein Beitrag zur Annäherung von Physiologie und Psychologie. In: Stud. Gen. 7, 1954, S. 45-60

Meinel, K., Bewegungslehre, Berlin 1962^2

Metzger, W., Psychologie. Darmstadt 1954^2

Peiper, A., Die Eigenart der kindlichen Hirntätigkeit. Leipzig 1964^3

Rieger, J., Experimentelle Untersuchungen zur rhythmischen Koordination. Zulassungsarbeit zur Piplomvorprüfung, Tübingen 1962

Rüssel, A., Das Wesen der Bewegungskoordination. In: ArGsPs 112, 1943, S. 1-22

Sterzinger, O., Rhythmische Ausgeprägtheit und Gefälligkeit musikalischer Sukzessivintervalle. In: Arch. f. d. Ges. Psych. Bd. 35, 1915, S. 75-124

ders., Rhythmische und ästhetische Charakteristik der musikalischen Sukzessivintervalle und ihre ursächlichen Zusammenhänge. In: Arch. f.d. Ges. Psych. Bd. 36, 1916, S. 1-58

Ulich, E., Das Lernen sensomotorischer Fertigkeiten. In: Handbuch d. Psychologie, Bd. 1,2, 1964, S. 326-346

Wendler, G., Relative Koordination, erläutert an Beispielen v. HOLSTs und einem neuen Lokomotionstyp. In: 4. Biolog. Jahresheft 1964, S. 157-166

Wertheimer, M., Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegungen. In: Drei Abh. zur Gestaltstheorie, Darmstadt 1963[2]

Witte, W., Transposition als Schlüsselprinzip. In: Gestalthaftes Sehen, hrsg. v. Weinhandl, Darmstadt 1960

L e b e n s l a u f

Am 20. September 1940 wurde ich in Baustetten, Kreis Biberach/Riß, geboren.

Von 1951 bis 1960 besuchte ich das Gymnasium in Ehingen an der Donau.

Nach dem Abitur studierte ich drei Semester lang in Tübingen Theologie und ab 1962 gleichzeitig noch Psychologie.(Prof.WITTE)

Nach dem Vordiplom im Frühjahr 1964 schrieb ich mich für den Sommer an der Universität München ein.(Professoren BERGIUS,LERSCH und MAYER)

Ab Wintersemster 1964/65 belegte ich an der Universität Münster; dort machte ich auch im Frühjahr 1966 mein Diplomhauptexamen.
(Professoren METZGER und WITTE, Prof.BORNEMANN und Prof.PAULEIKHOFF)

Seit dem Sommersemster 1966 bin ich an der Pädagogischen Hochschule Osnabrück als Pädagogischer Assistent angestellt.
(Professor GOSTISCHA und Frau Professor ROLLETT)

Druckbüro Frau Elly HUTH, 74 Tübingen